

Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el Cantón de Heredia



Elaborado para la Municipalidad de Heredia



Centro Internacional de Política Económica para el
Desarrollo Sostenible (CINPE-UNA) y
Laboratorio de Análisis Ambiental, Univer



Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el Cantón de Heredia.

Elaborado para la Municipalidad de Heredia



**Proyecto:
Implementación de la Política de Cambio Climático de la Municipalidad del
Cantón Heredia.**

Elaborado por:

El Laboratorio de Análisis Ambiental y el Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE-UNA) para la Municipalidad de Heredia.

Junio 2019

363.738 74
C397p

Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo
Sostenible

Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para el
Cantón de Heredia : elaborado para la Municipalidad de Heredia / Centro
Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible;
Laboratorio de Análisis Ambiental. Universidad Nacional -- 1ª edición. --
Heredia, Costa Rica : CINPE, 2019.

121 páginas ; 28 centímetros.

El documento forma parte de una serie de entregables derivados de
la investigación base titulada: Proyecto formulación e implementación
de una política de cambio climático para la municipalidad del Cantón
de Heredia

ISBN 978-9930-9412-7-0.

1. GASES 2. EFECTO INVERNADERO 3. MUNICIPALIDAD DE
HEREDIA (COSTA RICA) I. Laboratorio de Análisis Ambiental.
Universidad Nacional I.Título.

Como citar este documento:

Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible, Laboratorio de
Análisis Ambiental. Escuela de Ciencias Ambientales (2019). *Inventario de emisiones de
gases de efecto invernadero para el Cantón de Heredia*. Heredia, C. R.: Universidad
Nacional.

ISBN: 978-9930-9412-7-0



Contenido

1. Introducción: Implementación De La Política De Cambio Climático	10
2. Gases De Efecto Invernadero (GEI)	12
3. Protocolo Global Para Inventarios De Emisión De Gases De Efecto Invernadero A Escala Comunitaria.....	13
3.1 Definición Del Límite De Inventario y Fuentes De Emisión	15
3.2 Categorización De Las Emisiones.....	17
4. Objetivo Del Inventario De Emisiones Del Cantón De Heredia	17
5. Alcance Y Proceso Del Inventario De Emisiones Del Cantón De Heredia.....	18
5.1 Cobertura Geográfica Y Resolución Espacial	18
5.2 Año Base	19
5.3 Gases Efecto Invernadero	19
5.4 Tipos Y Categorías De Fuentes	19
5.5 Características Temporales	20
5.6 Características Espaciales	20
5.7 Manejo De Los Datos De Emisiones	20
5.8 Control De Calidad	21
Inventario De Emisiones De Gases.....	22
6. Resultado De Emisiones De Fuentes De Área.....	22
6.1 Consumo De Electricidad.....	22
6.1.1 Consumo Eléctrico Sector Residencial.....	22
6.1.2 Consumo Eléctrico Sector Industrial	24
6.1.3 Consumo De Electricidad En La Categoría General (Comercio Y Alumbrado Público)	27
6.1.4 Uso De Hexafluoruro De Azufre (Sf6) En Equipos Eléctricos	30
6.1.5 Resumen De Las Emisiones Por Consumo De Electricidad.....	31
6.2 Consumo De Refrigerantes	32
6.2.1 Sistemas De Aires Acondicionados	33
6.2.2 Sistemas De Refrigeración Comercial	36
6.2.3 Sistemas De Congelación Sector Comercial.....	39
6.2.4 Sistemas De Extintores	42
6.2.5 Resumen De Las Emisiones Por Refrigerantes	45
6.3 Transporte No Convencional	48

6.3.1 Transporte Ferroviario	48
6.4 Combustibles Para Cocción	49
6.5 Emisiones Por Parte Del Sector Agropecuario	52
6.5.1 Emisiones Provenientes De Ganado Vacuno.....	53
6.5.2 Emisiones Provenientes De Ganado De Otras Especies.....	55
6.5.4 Emisiones Provenientes Del Manejo De Estiércol	57
6.5.4 Emisiones Provenientes Del Uso De Suelo Por Cultivos	58
6.5.5 Manejo De Desechos Sólidos	60
6.6 Generación De Aguas Residuales.....	67
6.6.1 Aguas Residuales Residenciales	67
6.6.2 Aguas Residuales Industriales	71
6.6.3 Aguas Residuales Comerciales	72
6.6.4 Resumen De Aguas Residuales	76
7. Emisiones De GEI Generadas Por Fuentes Fijas.....	78
8. Emisiones De GEI Generadas Por Fuentes Móviles.....	79
9. Emisiones Totales De Co2E Para El Cantón De Heredia.....	81
10. Metodología De Cálculo De Las Emisiones GEI	85
10.1 Metodología Para Estimar Las Emisiones De Fuentes De Área.....	86
10.1.1 Emisiones Por Consumo De Electricidad	86
10.1.2 Emisiones Por Uso De Refrigerantes En Comercios.....	87
10.1.3 Emisiones Por Transporte No Convencional.....	90
10.1.4 Emisiones Por Uso De Combustibles Para Cocción.....	90
10.1.5 Emisiones Del Sector Agropecuario.....	90
10.1.6 Emisiones Por Manejo De Desechos Sólidos	91
10.1.7 Emisiones Por Aguas Residuales.....	92
10.2 Metodología Para Estimar Las Emisiones De Fuentes Fijas	95
10.3 Metodología Para Estimar Las Emisiones De Fuentes Móviles.....	95
10.4 Metodología Para La Estimación De La Incertidumbre	96
11. Conclusiones.....	98
12. Recomendaciones	99
13. Limitaciones.....	100
14. Bibliografía	101
15. Anexos	103

Índice de tablas

Tabla 1 Sectores y subsectores de las emisiones de GEI de la ciudad:	15
Tabla 2. Escala de calificación de la confiabilidad de los datos	21
Tabla 3. Emisiones de CO ₂ e (ton/mes) generadas por el consumo de electricidad del sector residencial en el cantón de Heredia, 2017.	23
Tabla 4. Emisiones de CO ₂ e (ton/mes) generadas por el consumo de electricidad del sector industrial en el cantón de Heredia, 2017.....	24
Tabla 5. Emisiones de CO ₂ e (ton/mes) generadas por el consumo de electricidad de la categoría general (comercio y alumbrado público) en el cantón de Heredia, 2017.	27
Tabla 6. Emisiones totales de CO ₂ e (ton/año) generadas por el consumo de electricidad para el cantón de Heredia por sectores, 2017.	31
Tabla 7. Emisiones de CO ₂ e (ton/año) para los equipos de aire acondicionado por distrito y categoría para el cantón de Heredia, 2017.	34
Tabla 8. Emisiones de CO ₂ e (ton/año) para los sistemas de refrigeración comercial por distrito y categoría para el cantón de Heredia, 2017.	37
Tabla 9. Emisiones de CO ₂ e (ton/año) para los sistemas de congelamiento por distrito y categoría para el cantón de Heredia, 2017.....	40
Tabla 10. Emisiones de CO ₂ e (ton/año) para los sistemas de congelamiento por distrito y categoría para el cantón de Heredia, 2017.....	43
Tabla 11. Emisiones de CO ₂ e (ton/año) por fuente para cada distrito y totales para el cantón de Heredia, 2017.....	45
Tabla 12. Emisiones de CO ₂ e (ton/año) por categoría para cada distrito y totales para el cantón de Heredia, 2017.....	46
Tabla 13. Emisiones de CO ₂ e (ton/año) debido al uso de combustible Diesel para transporte de personas en el ferrocarril para el cantón de Heredia, 2017.....	48
Tabla 14. Emisiones de CO ₂ e (ton/año) debido al uso de combustibles para cocción por distrito y categoría para el cantón de Heredia, 2017.	50
Tabla 15. Cabezas de ganado vacuno segregadas por edad, sexo y tipo para el cantón de Heredia según información del VI Censo Nacional Agropecuario, 2014.	53
Tabla 16. Emisiones de metano (kg/año) y CO ₂ e (ton/año) generadas por el ganado vacuno para el cantón de Heredia, 2014.....	54

Tabla 17. Cabezas de ganado distintos al vacuno, así como emisiones de metano (kg/año) y CO ₂ e (ton/año) para cada uno en el cantón de Heredia, 2014.	56
Tabla 18 Cabezas de ganado y emisiones de metano (kg/año) y CO ₂ e (ton/año) debido a la gestión del estiércol para el cantón de Heredia, 2014.	57
Tabla 19. Área sembrada (en hectáreas) de diferentes cultivos con sus respectivas emisiones de óxido nitroso (kg/año) y CO ₂ e (ton/año) para el cantón de Heredia, 2014.	59
Tabla 20. Masa de residuos sólidos total (ton) así como masas por tipo de residuos (ton) para el cantón de Heredia, 2017.	62
Tabla 21. Emisiones de CO ₂ e (ton/año) por tipo de residuo y total para el cantón de Heredia, 2017.	64
Tabla 22. Emisiones de CO ₂ e (ton/año) para las aguas residuales tratadas en las plantas de la ESPH	68
Tabla 23 Emisiones de CO ₂ e (ton/año) para las aguas residuales residenciales del cantón de Heredia, 2017.	70
Tabla 24. Emisiones de CO ₂ e (ton/año) para las aguas residuales industriales del cantón de Heredia, 2017.	72
Tabla 25. Emisiones de CO ₂ e (ton/año) para las aguas residuales comerciales del cantón de Heredia, 2017.	73
Tabla 26 Emisiones de CO ₂ e (ton/año) por tipo de agua residual para el cantón de Heredia, 2017.	77
Tabla 27 Emisiones de CO ₂ e (ton/año) debido a fuentes fijas para el cantón de Heredia, 2017.	78
Tabla 28 Consumo de combustible por tipo y emisiones de CO ₂ e (ton/año) proveniente de las fuentes móviles para el cantón de Heredia, 2017.	80
Tabla 29. Resumen de las emisiones totales de CO ₂ e por categoría de emisión para el cantón de Heredia, 2017.	82
Tabla 30. Resumen de las emisiones totales de CO ₂ e por categoría de emisión con sus respectivos pesos porcentuales para el cantón de Heredia, 2017.	84
Tabla 31. Estimación de la incertidumbre para el inventario	97

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de los distritos del cantón de Heredia (Sistema Nacional de Información Territorial & ESRI, 2018).	18
Figura 2. Emisiones de CO2 equivalente (ton/mes) correspondientes al consumo eléctrico residencial en el cantón de Heredia, 2017.	24
Figura 3. Emisiones de CO2 equivalente (ton/mes) correspondientes al consumo eléctrico industrial en el cantón de Heredia, 2017.....	26
Figura 4. Número de patentes industriales por distrito en el cantón de Heredia, 2017.	27
Figura 5. Emisiones de CO2 equivalente (ton/mes) correspondientes al consumo eléctrico de la categoría general (comercio y alumbrado público) en el cantón de Heredia, 2017.....	29
Figura 6. Número de patentes comerciales por distrito en el cantón de Heredia, 2017.....	30
Figura 7. Porcentaje de emisiones totales generadas por el consumo eléctrico para el cantón de Heredia por sectores, 2017.....	32
Figura 8. Distribución de emisiones de CO2 equivalente por categoría debido al uso de aires acondicionados para el cantón de Heredia con todas las categorías (A) y sin la categoría 10 (B), 2017.....	35
Figura 9. Distribución porcentual de las emisiones de CO2 equivalente por distrito para el cantón de Heredia por el uso de refrigerantes para aires acondicionados, 2017.	36
Figura 10. Distribución de emisiones de CO2 equivalente por categoría debido al uso de sistemas de refrigeración comercial para el cantón de Heredia con categoría 1 (A) y sin categoría 1 (B), 2017.....	37
Figura 11. Distribución porcentual de las emisiones de CO2 equivalente por distrito para el cantón de Heredia por el uso de sistemas de refrigeración comercial, 2017.....	39
Figura 12. Distribución de emisiones de CO2 equivalente por categoría debido al uso de sistemas de congelamiento para el cantón de Heredia con la categoría 1 (A) y sin la categoría 1 (B), 2017	40
Figura 13. Distribución porcentual de las emisiones de CO2 equivalente por distrito para el cantón de Heredia por el uso de sistemas de congelamiento, 2017.....	42
Figura 14. Distribución de emisiones de CO2 equivalente por categoría debido al uso de extintores para el cantón de Heredia con las categorías 9 y 10 (A) y sin las categorías 9 y 10 (B), 2017.	43

Figura 15. Distribución porcentual de las emisiones de CO2 equivalente por distrito para el cantón de Heredia por el uso de extintores, 2017.....	44
Figura 16. Distribución de las emisiones debido al uso de refrigerantes por categoría y distritos para el cantón de Heredia, 2017.....	47
Figura 17. Distribución de emisiones de CO2 equivalente por categoría debido al uso de combustibles para cocción en el cantón de Heredia con la categoría 1 (A) y sin la categoría 1 (B), 2017.....	50
Figura 18. Distribución porcentual de las emisiones de CO2 equivalente por distrito para el cantón de Heredia por el uso de combustible para cocción, 2017.....	52
Figura 19. Distribución porcentual de las emisiones de CO2e para el ganado vacuno por edad y sexo para el cantón de Heredia, 2014.	55
Figura 20. Distribución porcentual de emisiones de CO2e por tipo de ganado diferente al vacuno para el cantón de Heredia, 2014.....	56
Figura 21. Distribución porcentual de emisiones de CO2e por tipo de ganado debido a la gestión del estiércol para el cantón de Heredia, 2014.	58
Figura 22. Distribución porcentual de emisiones de CO2e por tipo de cultivo para el cantón de Heredia, 2014.....	60
Figura 23. Composición porcentual de los residuos sólidos para el cantón de Heredia según el estudio de caracterización de residuos para el cantón, 2012.	61
Figura 24. Distribución porcentual de las emisiones de CO2e por tipo de residuos para el cantón de Heredia, 2017.	66
Figura 25 Distribución porcentual de las emisiones de CO2e por tipo de agua residual para el cantón de Heredia, 2017	77
Figura 26. Distribución porcentual de las emisiones totales por categorías de emisión para el cantón de Heredia, 2017.	85

1.Introducción: Implementación De La Política De Cambio Climático

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) señala en su último reporte especial sobre el calentamiento global, que es muy seguro que el incremento de aproximadamente 1,0 °C en la temperatura global se debe principalmente a las actividades humanas y puede llegar a alcanzar una magnitud de 1,5 °C entre el 2030 y el 2052 si se continúa con la actual tasa de emisión (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018).

Así mismo en su cuarto informe sobre el cambio climático el IPCC afirma que la mayor parte del calentamiento global durante el siglo XX se debe probablemente al aumento en la concentración de gases de efecto invernadero por causas humanas, los cuales han alcanzado niveles sin precedente en los últimos 800 000 años (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014).

Es evidente de estas conclusiones que el calentamiento global es una problemática real que afecta al planeta y que puede tener graves consecuencias. Conde-Álvarez & Saldaña-Zorilla (2007) señalan que, para América Latina, ya se observan cambios en la precipitación, así como aumentos en la temperatura y que es muy probable que el aumento en el nivel del mar y la variabilidad climática afectarán principalmente a las zonas costeras y planicies inundables.

Costa Rica firmó en 1992 la convención marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático y la ratificó en 1994. Posteriormente en 1998 firmó el protocolo de Kyoto el cual fue ratificado en 2002 (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019). Con esto adquiere una serie de compromisos internacionales que obligan al país a adoptar medidas para mitigar y reducir las emisiones de GEI, responsables del calentamiento global.

Como parte de los esfuerzos por estudiar la situación de Costa Rica en tema de emisión de gases de efecto invernadero y poder direccionar adecuadamente las políticas de cambio climático en el país, en 2012 se elabora el primer inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono, a cargo del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), el cual se elabora con base en los artículos 4 y 12 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, haciendo uso de la metodología del IPCC (2006) para inventarios de gases de efecto invernadero y el cual considera los siguientes gases: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), halocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF₆), monóxido de carbono (CO), óxidos de

nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂) y otros hidrocarburos volátiles diferentes del metano (NMVOC). Además para poder comparar las emisiones de los diferentes gases entre sí y poder medir la contribución de cada fuente, se utilizan los potenciales de calentamiento global respectivos para expresar todo en unidades de dióxido de carbono equivalente, que corresponde al equivalente en dióxido de carbono de la masa emitida de cada gas (Ministerio de Ambiente y Energía; Instituto Meteorológico Nacional, 2012).

En el mismo marco de cumplir con los compromisos adquiridos en la convención de París y la NDC, el país lanza en 2019 el Plan Nacional de Descarbonización el cual presenta acciones y políticas en 10 ejes sectoriales ejecutables en tres periodos, inicio (2018-2022), inflexión (2023-2030) y despliegue masivo (2031-2050); tendientes a la descarbonización de la economía en sus distintos sectores comerciales mediante un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (Ministerio de Ambiente y Energía, 2019).

Es por estos motivos que la Municipalidad de Heredia tiene especial interés en realizar el inventario de emisiones de GEI, el cual brindará información importante sobre las áreas estratégicas de intervención para la reducción de las emisiones, así como ayudar con las estrategias ya existentes de modo que se abra paso hacia la carbono neutralidad del cantón.

Con la creación de la política pública para el cambio climático, se lanza un compromiso de corto, mediano y largo plazo en el cantón de Heredia. Se trata de una acción pionera a nivel nacional, que busca tener información importante sobre emisiones y sumideros de gases efecto invernadero, para atender y reducir las causas del cambio climático. Aunque es conocido que un cantón en un país pequeño como es Costa Rica contribuye muy poco a las emisiones globales; a los ojos internacionales si es relevante, pues son muchas las acciones e iniciativas que se han tomado y que han servido como ejemplo a nivel internacional para que otros países también se apropien de esta u otras iniciativas semejantes y todos en conjunto sumen en acciones contra el cambio climático. Además, es importante tomar en cuenta que las acciones individuales y locales suman e impactan en lo global.

La Implementación de esta Política de Cambio Climático de la Municipalidad del Cantón Heredia considera cuatro esfuerzos importantes para el arranque de esta entre el 2018-2019, en que el Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible de la Universidad

Nacional (CINPE-UNA) se ha comprometido a colaborar. Los cuatro objetivos que se plantearon son:

- 1- La formulación de un plan de acción para toda la política.
- 2- La conformación de la línea base de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.
- 3- La preparación y ejecución de una serie de jornadas de sensibilización para estudiantes de III ciclo de los centros educativos públicos de Heredia.
- 4- La construcción de un plan detallado de las acciones e implementación de la divulgación de actividades y resultados de la política de Cambio Climático del cantón de Heredia.

Este documento es un entregable, que atiende concretamente el objetivo número dos. El establecimiento de una línea base de las emisiones de Gases de Efecto invernadero, que se construye con base en los lineamientos del Programa País de Carbono Neutralidad 2.0. Categoría Cantonal, que fue efectuada de manera conjunta por el CINPE y el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional.

2. Gases De Efecto Invernadero (GEI)

Existen muchas variables que influyen sobre el balance energético del sistema climático, sin embargo, el mecanismo fundamental que explica el calentamiento terrestre es conocido como Efecto Invernadero, consistente en la acumulación de calor en las capas bajas de la atmósfera como consecuencia de la intervención de los conocidos Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Los GEI existen de forma natural en la atmósfera donde cumplen la función de elevar la temperatura del planeta hasta niveles óptimos para la vida. El dióxido de carbono (CO₂) y el vapor de agua son los principales gases de este tipo. Los niveles naturales de estos gases se ven incrementados por las emisiones resultantes de la actividad humana, es decir, que se producen de forma artificial. Del incremento de su concentración en la atmósfera, resulta una mayor captación de radiación infrarroja cuya consecuencia directa es el aumento de las temperaturas sobre la superficie, dando lugar al calentamiento global.

Para dar respuesta a este fenómeno, en 1992 se crea la Convención Marco de Naciones Unidas contra el Cambio Climático (CMNUCC) cuyo principal objetivo es controlar la injerencia humana peligrosa con el sistema climático. La primera adición al tratado es el conocido Protocolo

de Kyoto (PK), aprobado en 1997. Los países que ratificaron el Protocolo de Kyoto se comprometieron a lograr objetivos individuales para limitar o reducir sus emisiones de GEI.

Los objetivos cubren el control de las emisiones de los seis principales GEI:

- Dióxido de carbono, CO₂
- Metano, CH₄
- Óxido nitroso, N₂O
- Perfluorocarbonos, PFC
- Hexafluoruro de azufre, SF₆
- Hidrofluorocarbono, HFC

Entonces, se estableció que un inventario de gases de efecto invernadero es una rendición de cuentas de la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos o eliminados hacia la atmósfera durante un período de tiempo específico (por ejemplo, un año).

Un inventario de gases de efecto invernadero también proporciona información sobre las actividades que causan las emisiones y absorciones, así como de antecedentes sobre los métodos utilizados para hacer los cálculos.

3. Protocolo Global Para Inventarios De Emisión De Gases De Efecto Invernadero A Escala Comunitaria

El Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC por sus siglas en inglés) cuya metodología es la base para la formulación del El Programa País Carbono Neutralidad 2.0 Categoría Cantonal, ofrece a las ciudades y los gobiernos locales un marco sólido, transparente y globalmente aceptado para sistemáticamente identificar, calcular y reportar sobre los gases de efecto invernadero en las ciudades.

Este inventario requiere que las ciudades calculen y divulguen un inventario exhaustivo de las emisiones de GEI y calculen un total de estas emisiones utilizando dos enfoques distintos, pero complementarios. Uno de los enfoques captura emisiones de las actividades de producción y consumo que tienen lugar dentro de los límites de la ciudad, incluyendo algunas emisiones liberadas fuera de los límites de la ciudad. El otro enfoque categoriza todas las emisiones en alcances, dependiendo del lugar donde se producen físicamente. La contabilidad separada de las

emisiones liberadas físicamente dentro de los límites de la ciudad se debe utilizar para la inclusión de múltiples inventarios de la ciudad con el fin de evitar la doble contabilidad.

El GPC establece prácticas de contabilidad y de reporte de emisiones confiables que ayudan a las ciudades a desarrollar una línea de base de emisiones, establecer las metas de mitigación, crear planes de acción climática más específicos y hacer un seguimiento del progreso a través del tiempo, así como fortalecer las oportunidades para las ciudades de asociarse con otros niveles administrativos y aumentar el acceso a la financiación climática local e internacional.

Además este ha sido adoptado como un componente central del Acuerdo de los Alcaldes (Compact of Majors) que es el esfuerzo cooperativo más grande del mundo entre alcaldes y funcionarios de las ciudades para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, hacer un seguimiento del progreso y prepararse para los impactos del cambio climático. Este acuerdo fue puesto en marcha en septiembre de 2014 y tiene por objetivo llevar a cabo un enfoque transparente y de apoyo para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y abordar los riesgos climáticos, de manera coherente, y complementaria, con el proceso de negociación internacional en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Los gobiernos locales pueden ser más ágiles mientras que los gobiernos regionales o nacionales están más restringidos por la burocracia y el desarrollo institucional. Los alcaldes, los consejos locales y los dirigentes comunitarios entienden las necesidades y limitaciones locales, que a menudo se traducen en la toma de medidas más audaces y eficaces. Además pueden hacer un seguimiento del funcionamiento de los servicios de la ciudad, orientar el cambio en la comunidad y establecer reglamentos que rijan el uso del suelo, la eficiencia de la construcción y el transporte local.

El GPC se divide en tres partes principales:

- Presentar los principios de contabilidad y de reporte del GPC, establece la forma de definir los límites del inventario, especifica los requisitos de reporte y ofrece una plantilla prototipo de reporte.
- Establecer la contabilidad general y de sectores específicos y las pautas de reporte para recopilar los datos y calcular las emisiones, incluyendo los métodos de cálculo y las ecuaciones.

- Mostrar cómo los inventarios pueden ser utilizados para establecer las metas de mitigación y hacer un seguimiento del rendimiento a través del tiempo, y muestra cómo las ciudades pueden gestionar la calidad del inventario.

3.1 Definición Del Límite De Inventario y Fuentes De Emisión

Para establecer un inventario de GEI, las ciudades deben primero definir algunos límites del inventario. Esta acción identifica el área geográfica que se va a cubrir, el período de tiempo, los gases y las fuentes de emisión cubiertos por un inventario de GEI. Cualquier límite geográfico puede utilizarse para el inventario de GEI. Dependiendo del propósito del inventario, el límite puede alinearse con el límite administrativo de un gobierno local, un sector, un distrito dentro de una ciudad, una combinación de las divisiones administrativas, un área metropolitana u otra entidad geográficamente identificable.

Un inventario de GEI está diseñado para considerar o tener en cuenta las emisiones de GEI para un año específico, abarcando los siete gases contemplados en el Protocolo de Kioto. Las emisiones de GEI provenientes de las actividades de la ciudad se pueden clasificar en seis sectores principales como sigue y como se muestra de manera más desagregada en la tabla N°1: Sectores y subsectores de las emisiones de GEI de la ciudad:

- Energía estacionaria
- Transporte
- Residuos
- Procesos industriales y uso de productos
- Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo
- Cualquier otra emisión que se produce fuera del límite geográfico como resultado de actividades de la ciudad.

Tabla 1 Sectores y subsectores de las emisiones de GEI de la ciudad:

Sector	Sub sector
	Edificios residenciales

ENERGÍA ESTACIONARIA

Edificios e instalaciones comerciales e institucionales

Construcción e industrias manufactureras

Industrias energéticas

Actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca

Fuentes no especificadas

Emisiones fugitivas provenientes de la minería, el procesamiento, el almacenamiento y el transporte de carbón

Emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de petróleo y gas natural

TRANSPORTE

Por carretera

Ferroviario

Navegación marítima, fluvial y lacustre

Aviación

Fuera de carretera

RESIDUOS

Disposición de residuos sólidos

Tratamiento biológico de residuos

Incineración y quema a cielo abierto

Tratamiento y vertido de aguas residuales

PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU)

Procesos industriales

Uso de productos

AGRICULTURA, SILVICULTURA Y
OTROS USOS DEL SUELO (AFOLU)

Ganadería

Suelo

Fuentes agregadas y emisiones procedentes
de fuentes del suelo distintas al CO₂

OTRAS EMISIONES DE ALCANCE 3

Fuente: El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, (World Resources Institute)

3.2 Categorización De Las Emisiones

Las actividades que ocurren dentro de una ciudad pueden generar emisiones de GEI que se producen dentro de los límites de la ciudad, así como fuera de los límites de esta. Para distinguirlas, un inventario de GEI agrupa las emisiones en tres categorías en función del lugar donde se producen:

- Alcance 1: Emisiones de GEI provenientes de fuentes situadas dentro de los límites de la ciudad.
- Alcance 2: Emisiones de GEI que se producen como consecuencia de la utilización de energía, calor, vapor y/o refrigeración suministrados en red dentro de los límites de la ciudad.
- Alcance 3: El resto de las emisiones de GEI que se producen fuera de los límites de la ciudad, como resultado de las actividades que tienen lugar dentro de los límites de la ciudad.

4. Objetivo Del Inventario De Emisiones Del Cantón De Heredia

Objetivo general:

Estimar las emisiones de gases efecto invernadero generadas en el cantón de Heredia durante el año 2017, con el fin de orientar las futuras políticas y planes de mitigación a desarrollar en el nivel local.

Objetivos Específicos:

- Identificar los sectores prioritarios de intervención para el control de emisiones de gases efecto invernadero con el fin de asegurar una adecuada política de mitigación en el cantón de Heredia.
- Reportar las emisiones de gases efecto invernadero generadas en el cantón de Heredia por actividad comercial y tipo de fuente.
- Sensibilizar a la población sobre el impacto de las emisiones generadas en el cantón y la necesidad de ejecutar planes de intervención para lograr la reducción de estas.

5. Alcance Y Proceso Del Inventario De Emisiones Del Cantón De Heredia

5.1 Cobertura Geográfica Y Resolución Espacial

El cantón de Heredia cuenta con 5 distritos, tal como se observa en la Figura 1. Estos son: Heredia, Mercedes, San Francisco, Ulloa y Vara Blanca.

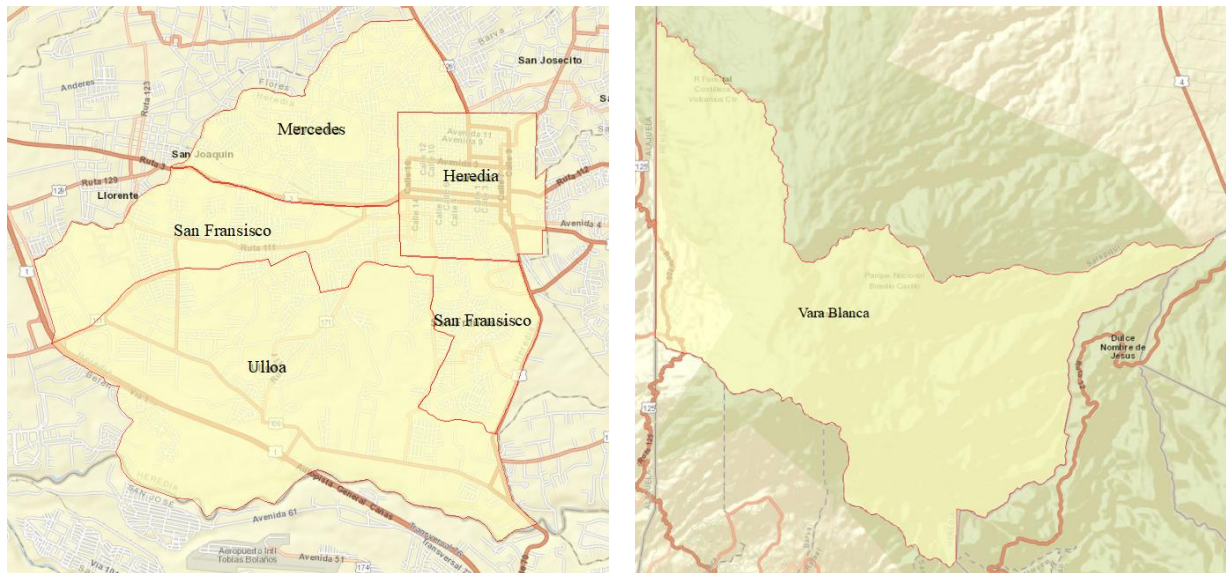


Figura 1. Mapa de los distritos del cantón de Heredia (Sistema Nacional de Información Territorial & ESRI, 2018).

5.2 Año Base

El año base del Inventario de Emisiones será 2017 porque, en general, se considera que la mayoría de las dependencias gubernamentales contarían con información completa para ese año.

5.3 Gases Efecto Invernadero

El inventario incluirá las emisiones estimadas para seis compuestos:

Los gases de efecto invernadero que deberán ser reportados son los siguientes, según aplique:

- Dióxido de carbono, CO₂
- Metano, CH₄
- Óxido nitroso, N₂O
- Perfluorocarbonos, PFC
- Hexafluoruro de azufre, SF₆
- Hidrofluorocarbono, HFC

5.4 Tipos Y Categorías De Fuentes

El inventario incluirá las emisiones generadas por tres tipos específicos de fuentes de emisión, a saber:

-Fuentes fijas. Son los establecimientos industriales y comerciales estacionarios, que cuenten con más de 50 empleados.

-Fuentes de área. Las fuentes de área representan las emisiones de las fuentes que son demasiado numerosas y dispersas como para ser incluidas de manera eficiente en un inventario de fuentes puntuales. En conjunto, sin embargo, las fuentes de área son emisoras significativas que deben incluirse en un inventario de emisiones para asegurar que esté completo.

El inventario de fuentes de área debe considerar las siguientes grandes categorías:

- Combustión en fuentes estacionarias
- Uso de solventes

- Almacenamiento y transporte de productos del petróleo
- Fuentes industriales y comerciales ligeras
- Fuentes agrícolas
- Fuentes de manejo de residuos
- Fuentes de área diversas.

5.5 Características Temporales

Para el presente inventario se trabajará con estimaciones anuales para el 2017 y no se realizará ningún análisis sobre variaciones estacionales, mensuales, diarias u horarias.

5.6 Características Espaciales

El presente inventario abarcará el cantón de Heredia y tendrá una resolución espacial a nivel de distritos con celdas de 1 km × 1 km.

5.7 Manejo De Los Datos De Emisiones

Para compilar los datos, estimar las emisiones y desplegar los resultados en forma de cuadros y gráficas se deberá utilizar hojas de cálculo electrónicas diseñadas en el programa Microsoft Excel, o algún otro software para procesamiento de datos y preparación de análisis estadísticos. Además, los datos geo codificados necesarios para el análisis espacial de las emisiones estimadas se compilarán con un sistema de información geográfica (SIG).

En la organización de las emisiones de fuentes fijas se deben utilizar diversos sistemas numéricos basados en los tipos y categorías de fuentes. En primer lugar, se recopilan las emisiones de acuerdo con el código CIU internacionalmente aceptado. Posteriormente se asignan códigos a los tipos y categorías correspondientes a fuentes fijas, de área y vehículos automotores de acuerdo con las guías de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Los archivos finales del inventario son compatibles con el Formato del Inventario Nacional de Emisiones (National Emissions Inventory Format, NIF) de la EPA.

5.8 Control De Calidad

La meta general, en lo que a calidad se refiere, es integrar un inventario de emisiones de alta calidad, preciso e integral para el cantón de Heredia. Se establecieron diversos objetivos específicos respecto de la calidad de los datos, que incluyen la estimación de emisiones

- Para todos los tipos y las categorías principales de fuentes
- Con una incertidumbre menor al 40 %

Se aplicó, además, una estrategia de calificación de la confiabilidad para evaluar la calidad de las estimaciones individuales de emisiones por categoría de fuentes fijas, de área y móviles. Las calificaciones, aplicables a la calidad tanto de los datos de actividad como de los factores de emisión utilizados para cada categoría de fuente, se muestran en la tabla 2 y se adaptaron a partir de un enfoque utilizado por la EPA para la estimación nacional de emisiones de dioxinas y furanos en Estados Unidos (Winters, 2002).

Tabla 2. Escala de calificación de la confiabilidad de los datos

Clasificación	Datos de actividad	Factores de Emisión
A	Basados en datos exhaustivos específicos para Costa Rica	Basados en datos exhaustivos específicos para Costa Rica
B	Basado en datos limitados o extrapolados específicos para Costa Rica	Basado en datos limitados específicos para Costa Rica
C	Basado en el discernimiento de expertos	Basado en el discernimiento de expertos
D	Basado en factores de Estados Unidos	Basado en factores de Estados Unidos
E	Datos insuficientes	No existen factores de emisión

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

6. Resultado De Emisiones De Fuentes De Área

Los resultados se muestran en forma gráfica y de tablas resumen, producto del análisis de los datos obtenidos de las distintas actividades realizadas por los residentes, comercios y zonas industriales del cantón de Heredia.

6.1 Consumo De Electricidad

El servicio eléctrico en el cantón de Heredia es provisto por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), la cual se encarga de distribuir electricidad a los pobladores industria y comercios del cantón, así como para el alumbrado público. Para efectos de análisis la ESPH divide el consumo en tres categorías: residencial, industrial y general, la cual incluye tanto el consumo comercial como de alumbrado público.

6.1.1 Consumo Eléctrico Sector Residencial

Para usos como encender las luces, cocinas eléctricas, ventiladores, aires acondicionados, sistemas de refrigeración o calefacción entre otros en las casas de habitación, la ESPH debe satisfacer la demanda, la cual proviene de embalses hidroeléctricos los cuales, aunque son una fuente de energía renovable, no están exentas de emisiones pues como señalan Herrera, Rojas y otros. (2013), varias investigaciones sugieren que los embalses hidroeléctricos de las zonas tropicales generan emisiones de metano considerables, las cuales aportan al inventario como dióxido de carbono equivalente.

En la Tabla 3 se resumen los datos de emisión por consumo eléctrico residencial, y en la Figura 2 se muestran las toneladas de CO₂ equivalentes generadas por este concepto.

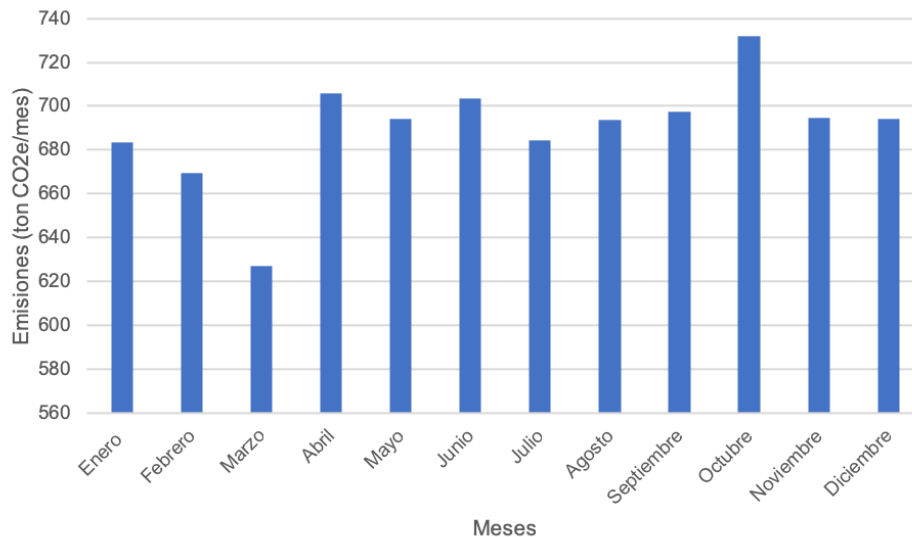
Tabla 3. Emisiones de CO₂e (ton/mes) generadas por el consumo de electricidad del sector residencial en el cantón de Heredia, 2017.

Mes	Emisiones de CO₂e (ton/mes)
Enero	683
Febrero	669
Marzo	627
Abril	706
Mayo	694
Junio	703
Julio	684
Agosto	693
Septiembre	697
Octubre	732
Noviembre	694
Diciembre	694
Total*	8 279

*El total está expresado en unidades de ton/año

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Figura 2. Emisiones de CO₂ equivalente (ton/mes) correspondientes al consumo eléctrico residencial en el cantón de Heredia, 2017.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Los datos brindados por la ESPH son para todo el cantón en una distribución mensual. Se puede observar que existe poca variación en la cantidad de CO₂ emitida entre un mes y otro con algunos picos superiores a las 700 ton CO₂e/mes y donde la emisión promedio corresponde a 690 ton CO₂e/mes. Esto señala un consumo bastante constante en el sector residencial a lo largo del año. Así mismo, el total de emisiones por consumo eléctrico residencial corresponde a 8 279 ton CO₂e/año.

6.1.2 Consumo Eléctrico Sector Industrial

La actividad industrial genera un alto consumo eléctrico debido a la naturaleza de sus actividades así como por el abastecimiento eléctrico de sus instalaciones administrativas. De acuerdo con los datos de la ESPH, la Tabla 4 muestra las emisiones por consumo eléctrico industrial y la Figura 3 muestra las toneladas de CO₂ equivalentes generadas por el mismo concepto.

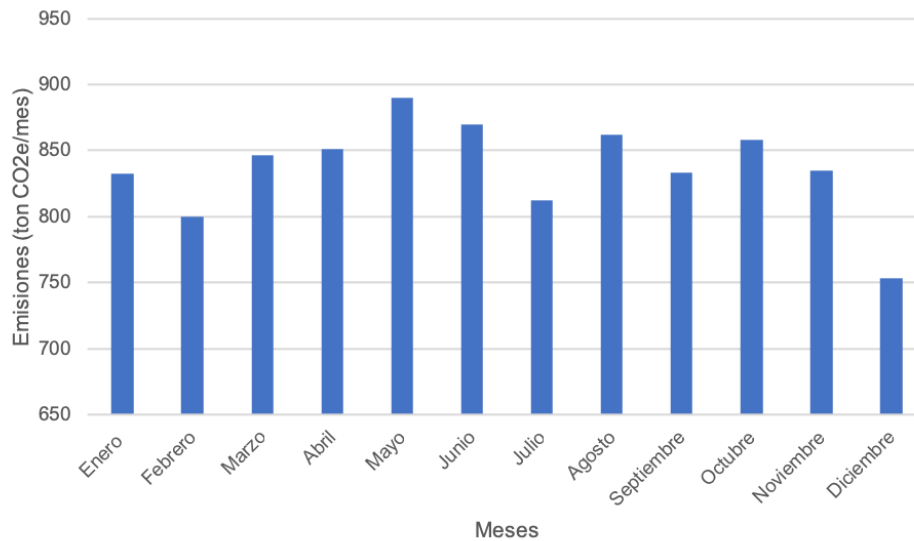
Tabla 4. Emisiones de CO₂e (ton/mes) generadas por el consumo de electricidad del sector industrial en el cantón de Heredia, 2017.

Mes	Emisiones de CO₂e (ton/mes)
Enero	833
Febrero	800
Marzo	847
Abril	851
Mayo	890
Junio	870
Julio	813
Agosto	862
Septiembre	834
Octubre	858
Noviembre	835
Diciembre	753
Total*	10 044

*El total está expresado en unidades de ton/año

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Figura 3. Emisiones de CO₂ equivalente (ton/mes) correspondientes al consumo eléctrico industrial en el cantón de Heredia, 2017.



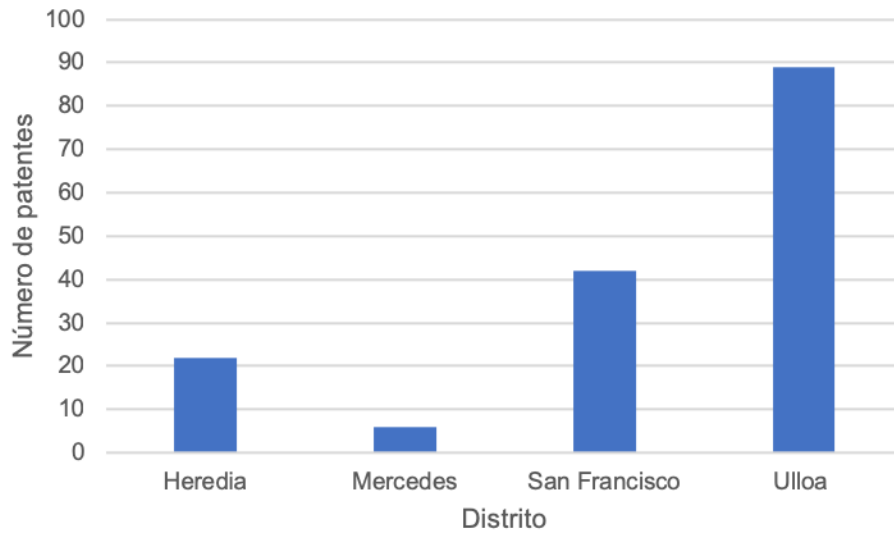
Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Se aprecia de las emisiones obtenidas por consumo eléctrico para el sector industrial que, similar a lo observado con el sector residencial, las emisiones presentan poca variación entre un mes y otro, lo que refleja que para el sector industrial el consumo también es bastante constante a lo largo del año. El valor de emisión promedio obtenido para este sector es de 837 ton CO₂e/mes, y en conjunto para el 2017 se observa una emisión total de 10 044 ton CO₂e/año.

Aunque no se cuenta con la distribución de consumo y emisiones por distrito, del registro de patentes de la Municipalidad de Heredia pueden contabilizarse aquellas patentes de naturaleza industrial a nivel distrital, de manera que podría aproximarse de cuáles distritos se esperaría mayores emisiones para la categoría en cuestión.

De esta manera, el distrito con mayor registro de patentes industriales corresponde a Ulloa (89 patentes), seguido de San Francisco (42 patentes), Heredia (22 patentes) y Mercedes (6 patentes) tal como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Número de patentes industriales por distrito en el cantón de Heredia, 2017.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

6.1.3 Consumo De Electricidad En La Categoría General (Comercio Y Alumbrado Público)

La economía del cantón de Heredia depende fuertemente de la gran cantidad de comercios del área, los cuales representan una demanda considerable de electricidad para mantener los servicios a los consumidores. Así mismo, la generación de energía para el alumbrado público representa un beneficio para el cantón, brindando seguridad y espacios iluminados para las actividades nocturnas y está ligado al tipo de tecnología utilizada para la iluminación.

De acuerdo con los datos de consumo de la ESPH para esta categoría, la Tabla 5 muestra las emisiones por consumo eléctrico, y la Figura 5 muestra las toneladas de CO₂e equivalentes generadas.

Tabla 5. Emisiones de CO₂e (ton/mes) generadas por el consumo de electricidad de la categoría general (comercio y alumbrado público) en el cantón de Heredia, 2017.

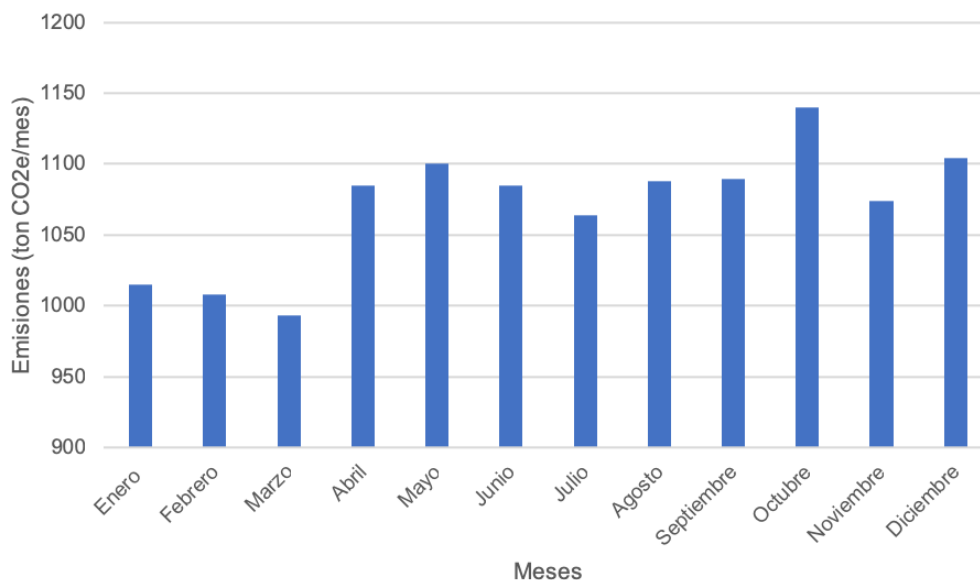
Mes	Emisiones de CO ₂ e (ton/mes)
Enero	1 015

Febrero	1 008
Marzo	993
Abril	1 085
Mayo	1 100
Junio	1 085
Julio	1 063
Agosto	1 088
Septiembre	1 089
Octubre	1 140
Noviembre	1 074
Diciembre	1 104
Total*	12 845

*El total está expresado en unidades de ton/año

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Figura 5. Emisiones de CO₂ equivalente (ton/mes) correspondientes al consumo eléctrico de la categoría general (comercio y alumbrado público) en el cantón de Heredia, 2017.



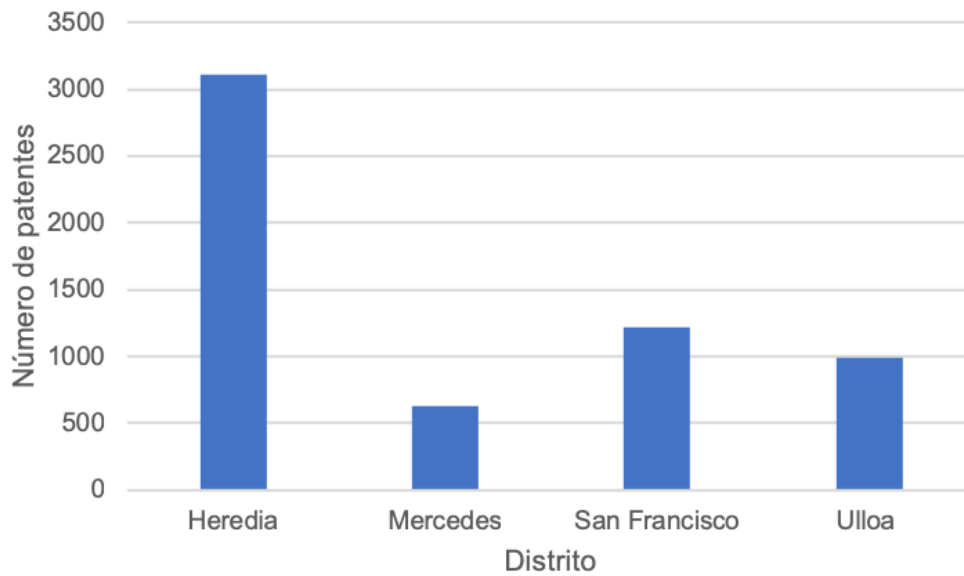
Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Para esta categoría no se hace una distinción entre la parte comercial y el alumbrado público, por lo que las emisiones mostradas representan el total para ambos sectores. A raíz de esto se observa emisiones más elevadas con órdenes superiores a las 1 000 ton CO₂e/mes en la mayoría de los meses.

Al igual que para los sectores anteriores, se observa poca variación mensual, indicando un consumo constante a lo largo del año, con una emisión promedio de 1 070 ton CO₂e/mes y un total de emisiones de 12 845 ton CO₂e/año, siendo este el sector de mayor emisión del cantón.

Aunque no se cuenta con el consumo a nivel distrital, de la distribución de patentes comerciales por distrito se puede extrapolar que el mayor consumo y por ende la mayor cantidad de emisiones para esta categoría corresponden al distrito de Heredia que cuenta con 3 107 patentes comerciales, seguido de San Francisco (2 216 patentes comerciales), Ulloa (986 patentes comerciales) y Mercedes (628 patentes comerciales), tal como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Número de patentes comerciales por distrito en el cantón de Heredia, 2017.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

6.1.4 Uso De Hexafluoruro De Azufre (Sf_6) En Equipos Eléctricos

El hexafluoruro de azufre (SF_6) es el gas de efecto invernadero con mayor potencial de calentamiento global registrado ante la IPCC (23 900). Pese a esto, es ampliamente utilizado en el sector eléctrico gracias a sus propiedades como medio aislantes y de extinción de arco eléctrico (Flores, Delgado, & Romero, 2012).

La ESPH cuenta con algunos equipos los cuales utilizan SF_6 como medio aislante, sin embargo los mismos son monitoreados y revisados para asegurarse de que no presenten fugas.

De acuerdo con la información brindada por la ESPH entre todos los equipos que utilizan SF_6 como aislante se suma un total de 178,1 kg de hexafluoruro de azufre almacenado. Esto en total equivale a 4 256,6 ton CO_2e . Sin embargo la ESPH no reporta fugas en sus equipos, de manera que aunque estas toneladas son un potencial de emisión en caso de fugas, las mismas no están siendo emitidas a la atmósfera, y por ende no se consideran en el inventario. Solo se señala su existencia como un punto importante a mantener monitoreado.

6.1.5 Resumen De Las Emisiones Por Consumo De Electricidad

De acuerdo con los valores obtenidos para cada sector en las Tablas 3, 4 y 5 se observa que el mayor aporte lo genera el sector general que incluye el sector comercial y alumbrado público lo cual es consistente con lo esperado ya que esta categoría engloba dos sectores, pero además contiene uno de los sectores más importantes del cantón, el comercial, el cual de acuerdo con los registros de patentes de la Municipalidad de Heredia suma cerca de 5 937 patentes.

El segundo sector que más aporta es el industrial el cual por su naturaleza se espera también presente consumos y por ende emisiones altos, habiendo registradas 159 patentes industriales en el cantón, la mayoría concentrada entre los distritos de Ulloa y San Francisco.

Finalmente el sector de menor aporte es el residencial el cual a pesar de ser numeroso, presenta consumos promedio menores que las observadas en los otros dos sectores.

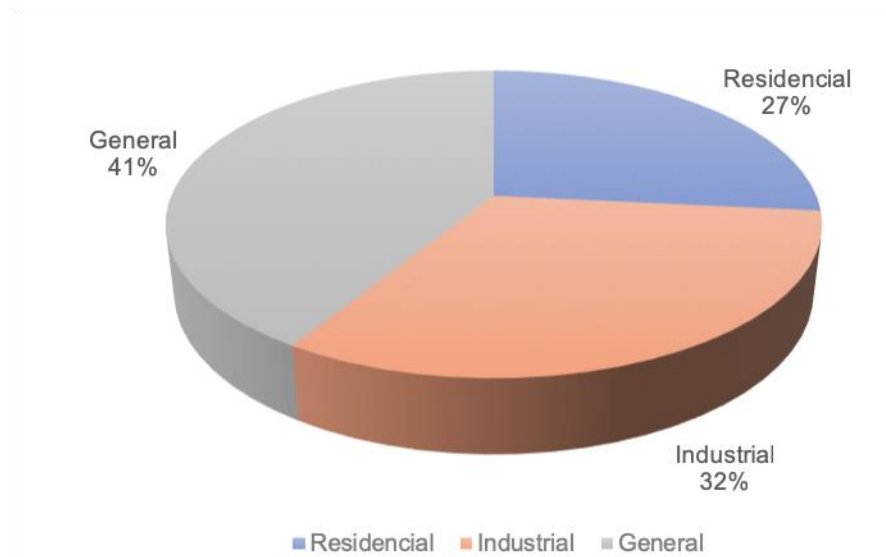
La Tabla 6 resume los consumos totales para el cantón por sectores, y la Figura 7 muestra la distribución porcentual de cada uno.

Tabla 6. Emisiones totales de CO₂e (ton/año) generadas por el consumo de electricidad para el cantón de Heredia por sectores, 2017.

Sector	Emisiones (ton/año)	Porcentaje (%)
Residencial	8 279	27
Industrial	10 044	32
General (Comercial y Alumbrado Público)	12 845	41
Total	31 168	100

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Figura 7. Porcentaje de emisiones totales generadas por el consumo eléctrico para el cantón de Heredia por sectores, 2017.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

6.2 Consumo De Refrigerantes

Los refrigerantes son sustancias utilizadas en los sistemas de refrigeración gracias a su capacidad para absorber calor de la fuente fría y liberarlo en la fuente caliente mediante un sistema de alta y baja presión y cambios de estado del fluido refrigerante (Villanueva, 2011).

Los refrigerantes de tipo CFC, los cuales contiene cloro están prohibidos de acuerdo a lo estipulado en el Protocolo de Montreal, debido al efecto de agotamiento que ocasionan sobre la capa de ozono. Otros refrigerantes como los HCFC aún se utilizan en Costa Rica, aunque de manera regulada y con un plan en marcha para su prohibición en 2030. Otras alternativas son los HFC y PFC los cuales pese a no afectar la capa de ozono y no estar regulados en el Protocolo de Montreal, si pueden llegar a presentar altos potenciales de calentamiento global, motivo por el cual son considerados en los inventarios de emisiones, y su uso y disposición debe ser monitoreado (Ministerio de Ambiente y Energía; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2014).

Otras alternativas más amigables han ido surgiendo tales como el uso de amoniaco para refrigeración industrial o algunos hidrocarburos que no dañan la capa de ozono como el isobutano (R600a), los cuales además poseen bajos potenciales de calentamiento global.

Para contabilizar el uso de refrigerantes a nivel comercial en el cantón de Heredia, se procedió a realizar una encuesta a los comercios registrados en la oficina de patentes de la Municipalidad de Heredia, y se registró el uso de aires acondicionados, refrigeradoras y cámaras frías, congeladores y extintores, con los respectivos refrigerantes y la cantidad de los mismos utilizados, con el propósito de estimar el uso de estas sustancias para el cantón.

Los comercios encuestados se dividieron en 12 categorías: Alimentos y bebidas (1), Combustibles y lubricantes (2), Educación (3), Electrónicos (4), Industria (5), Laboratorios (6), Otros (7), Salud (8), Servicios (9), Zonas Francas (10), Servicios con alimentación y bebida (11), Talleres de enderezado y pintura (12). La intención de esto es dividir a los comercios en categorías compatibles con usos similares para los refrigerantes y donde además se pueda determinar de manera más precisa el sector comercial donde se observe un mayor impacto de emisiones.

Para la selección de la muestra se tomó un 3% de la población, lo que representa 183 establecimientos comerciales de los 6 096 registrados. Además se realizó una distribución porcentual por distritos y categoría, de manera que se mantuviera la representatividad de la muestra al hacer las estimaciones poblacionales, considerando las características propias de cada distrito.

Una observación importante en este punto y que constituye una de las limitaciones del estudio es que pese a los esfuerzos por obtener información de zonas francas para el distrito de Ulloa respecto al uso de refrigerantes, esto no fue posible.

Tanto San Francisco como Ulloa presenta una densidad de zonas francas similar y por este motivo se optó por extrapolar los datos de la zona franca muestreada en San Francisco para Ulloa, y escalarla para la población total de zonas francas en el distrito. Esto bajo el supuesto de que todas las zonas francas albergan actividades comerciales similares y por ende tiene un uso similar de refrigerantes en sus instalaciones.

6.2.1 Sistemas De Aires Acondicionados

Los aires acondicionados se usan para generar un ambiente con temperatura óptima, especialmente cuando la temperatura exterior suele ser elevada. Por ello es que los aires acondicionados suelen usarse más en oficinas y establecimientos medianos y grandes donde las

personas deben esperar tiempos largos o pasar tiempos prolongados en sus labores, con el fin de proveer un ambiente con temperatura adecuada.

La Tabla 7 muestra las emisiones de dióxido de carbono equivalente para los equipos de aire acondicionado por distrito y categoría para el cantón de Heredia. De igual manera, la Figura 8 muestra un gráfico con la distribución de emisiones por categoría para el cantón.

Puede observarse de la Figura 8 que la categoría con mayores emisiones y por ende mayor uso de aires acondicionados corresponde a la de zonas francas con 12 137,37 ton CO₂e/año seguido de servicios con 184,42 ton CO₂e/año. Esto es consistente con lo esperado ya que las zonas francas agrupan una gran cantidad de oficinas y edificios administrativos que requieren del uso de sistemas de aire acondicionado de gran capacidad para cubrir las necesidades de sus instalaciones. De igual manera, la mayoría de las oficinas y comercios dedicados al servicio al cliente, que es donde se espera encontrar un alto uso de aires acondicionados, se hallan dentro de la categoría de servicios.

Se observa en la Tabla 7, el distrito que reporta mayores emisiones y uso de aires acondicionados corresponde a San Francisco con 13 330,04 ton CO₂e/año seguido de Ulloa con 12 182,36 ton CO₂e/año mientras que Vara Blanca es el distrito con menos emisiones anuales, y el total de emisiones para el cantón corresponde a 23 783,32 ton CO₂e/año.

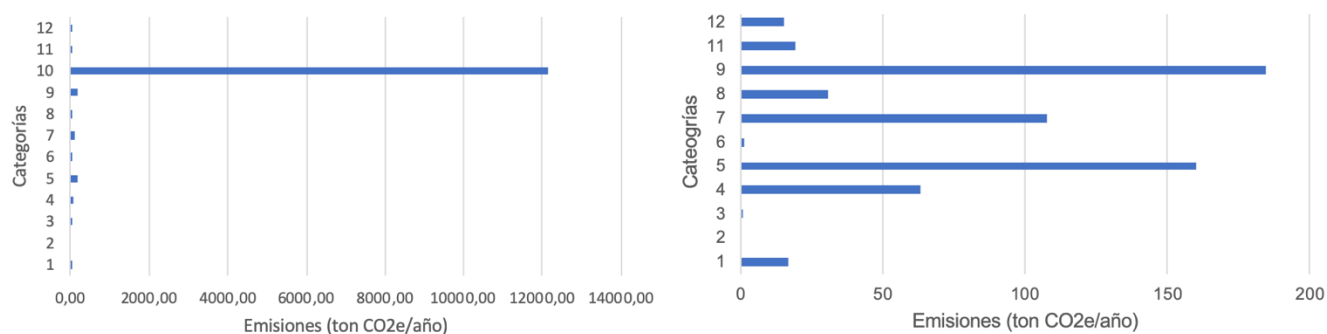
Tabla 7. Emisiones de CO₂e (ton/año) para los equipos de aire acondicionado por distrito y categoría para el cantón de Heredia, 2017.

Categorías	Heredia	Mercedes	San Francisco	Ulloa	Vara Blanca	Total
1	8,02	0,00	6,57	0,00	2,24	16,84
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,89	0,00	0,00	0,00	0,89
4	10,80	0,00	37,07	15,43	0,00	63,31

5	0,00	0,00	0,00	160,27	0,00	160,27
6	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21
7	93,22	0,00	0,00	14,53	0,00	107,75
8	13,57	3,49	5,76	7,74	0,00	30,57
9	75,73	8,62	27,65	72,43	0,00	184,42
10	0,00	0,00	7 206,56	4 930,81	0,00	12 137,37
11	19,31	0,00	0,00	0,00	0,00	19,31
12	11,69	0,00	0,00	3,34	0,00	15,03
Total	237,81	14,11	13 330,04	12 182,36	2,44	23 783,32
Porcentaje (%)	0,92	0,05	51,73	47,28	0,01	100,00

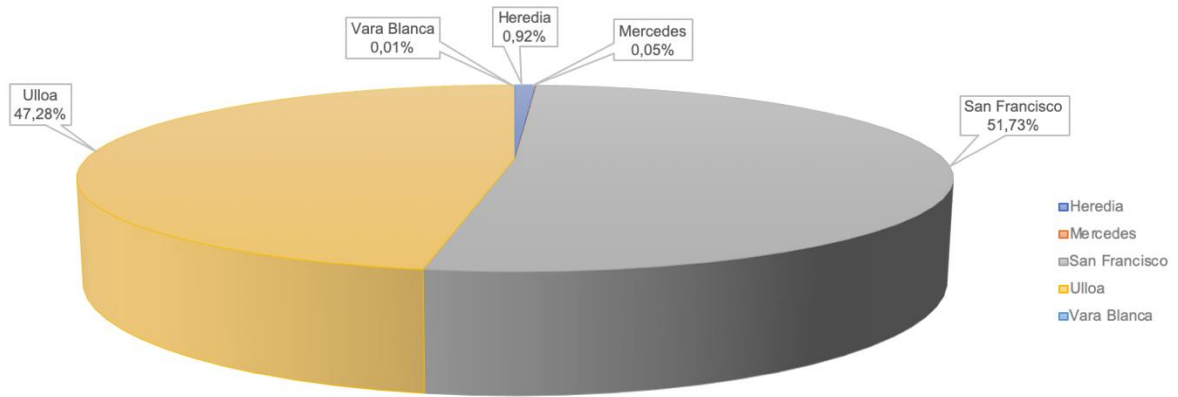
Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Figura 8. Distribución de emisiones de CO₂ equivalente por categoría debido al uso de aires acondicionados para el cantón de Heredia con todas las categorías (A) y sin la categoría 10 (B), 2017.



Finalmente, la Figura 9 muestra la distribución porcentual de las emisiones por distrito debido al uso de aires acondicionados para el cantón de Heredia donde se observa que el distrito de San Francisco es responsable del 51,73 % de las emisiones seguido de Ulloa con 47,28%, siendo los distritos que más aportan y en donde deberían enfocarse los esfuerzos para la disminución de emisiones por uso de refrigerantes para aires acondicionados.

Figura 9. Distribución porcentual de las emisiones de CO₂ equivalente por distrito para el cantón de Heredia por el uso de refrigerantes para aires acondicionados, 2017.



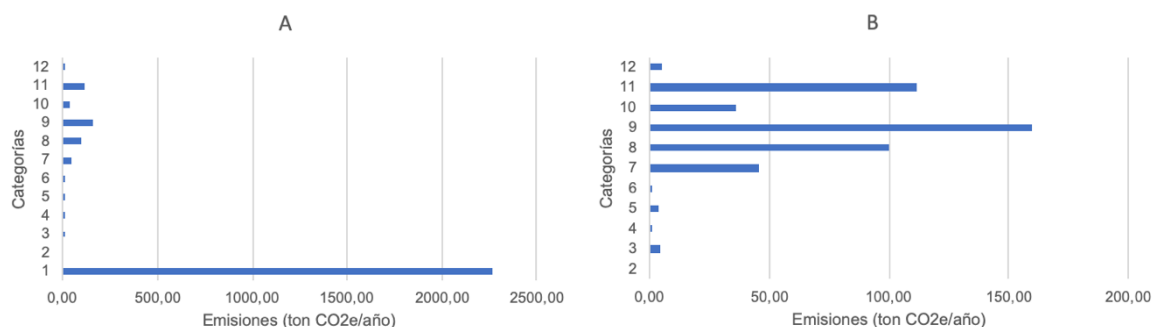
Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

6.2.2 Sistemas De Refrigeración Comercial

Los sistemas de refrigeración comercial contemplan el uso de refrigeradoras y cámaras frías para el almacenamiento de alimentos, medicamentos u otros usos que requieran del almacenamiento de artículos en condiciones de baja temperatura sin llegar al congelamiento.

Los datos arrojados por la encuesta para el cantón de Heredia muestran que la mayor cantidad de emisiones de CO₂ equivalente de los sistemas de refrigeración provienen de la categoría de alimentación y bebidas, lo cual es de esperar considerando que los establecimientos comerciales dedicados a estas actividades requieren del almacenamiento en frío de los alimentos para su adecuada preservación. Esta información se observa claramente en la Figura 10, la cual muestra la distribución gráfica de las emisiones por categorías para el cantón.

Figura 10. Distribución de emisiones de CO₂ equivalente por categoría debido al uso de sistemas de refrigeración comercial para el cantón de Heredia con categoría 1 (A) y sin categoría 1 (B), 2017.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

La Tabla 8 muestra las emisiones de CO₂ equivalente para los sistemas de refrigeración comercial por distrito y categoría para el cantón de Heredia.

Se aprecia de la Tabla que, tal como se mencionó, la categoría de alimentación y bebida (1) es la que presenta mayores emisiones en cada uno de los distritos y representa la mayoría de las emisiones a nivel cantonal con 2 267,35 ton CO₂e/año de las 2 809,88 ton CO₂e/año para el cantón de Heredia provenientes de sistemas de refrigeración.

De igual manera se observa que Mercedes es el distrito con más emisiones con 825,52 ton CO₂e/año junto con Heredia que libera 807,11 ton CO₂e/año.

Tabla 8. Emisiones de CO₂e (ton/año) para los sistemas de refrigeración comercial por distrito y categoría para el cantón de Heredia, 2017.

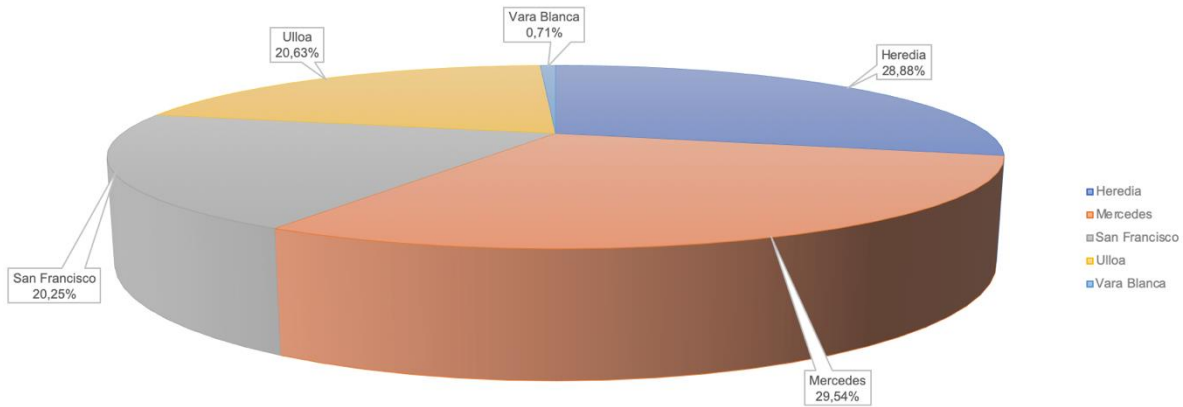
Categorías	Heredia	Mercedes	San Francisco	Ulloa	Vara Blanca	Total
1	658,80	761,67	478,35	354,27	14,26	2 267,35
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	2,13	2,00	0,00	0,00	0,00	4,13

4	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88
5	0,00	0,00	0,00	3,39	0,00	3,39
6	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62
7	11,59	0,00	0,00	32,72	1,07	45,38
8	7,90	8,28	75,44	8,00	0,00	99,61
9	40,95	0,70	23,56	94,47	0,00	159,69
10	0,00	0,00	21,51	14,72	0,00	36,23
11	111,49	0,00	0,00	0,00	0,00	111,49
12	3,96	0,00	0,00	1,05	0,00	5,01
Total	807,11	825,52	565,81	576,59	19,79	2 809,88
Porcentaje (%)	28,88	29,54	20,25	20,63	0,71	100,00

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Finalmente la Figura 11 muestra la distribución porcentual de las emisiones por distrito debido al uso de sistemas de refrigeración comercial para el cantón de Heredia.

Figura 11. Distribución porcentual de las emisiones de CO₂ equivalente por distrito para el cantón de Heredia por el uso de sistemas de refrigeración comercial, 2017.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

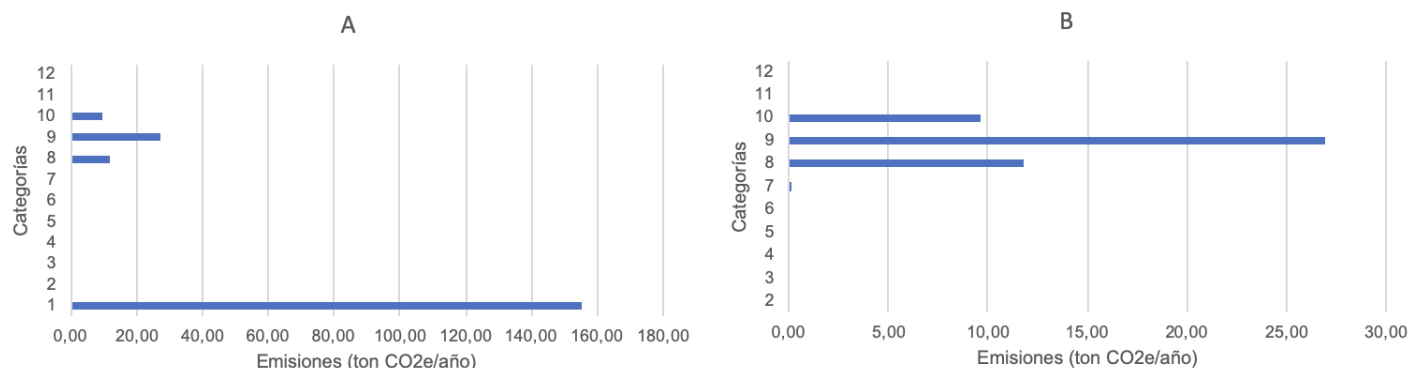
Se aprecia que Heredia y Mercedes juntos representan más de la mitad de las emisiones del cantón con un 58,42 %, de manera que es en estos distritos donde se presenta un mayor uso de sistemas de refrigeración comercial y por ende donde deben concentrarse los esfuerzos para reducir las emisiones debido a estos sistemas.

6.2.3 Sistemas De Congelación Sector Comercial

Los sistemas de congelación, al igual que los de refrigeración son importantes en comercios donde el almacenamiento de productos en condiciones de congelamiento es indispensable, como ocurre con algunos alimentos.

La Figura 12 permite observar que efectivamente para los sistemas de congelamiento, es nuevamente la categoría de alimentación y bebidas la que genera mayor cantidad de emisiones, seguido de servicios y salud.

Figura 12. Distribución de emisiones de CO₂ equivalente por categoría debido al uso de sistemas de congelamiento para el cantón de Heredia con la categoría 1 (A) y sin la categoría 1 (B), 2017



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

La Tabla 9 muestra los aportes totales de emisiones por categoría y distrito debido al uso de refrigerantes en sistemas de congelación para el cantón de Heredia, donde las emisiones totales para el cantón son de 201,97 ton CO₂e/año, con San Francisco como el distrito que más emisiones aporta en estos sistemas con 106,32 ton CO₂e/año y Vara Blanca el que menor emisiones genera (1,29 ton CO₂e/año). Además se aprecia el valor de las emisiones de la categoría de alimentación y bebida que corresponde a 155,40 ton CO₂e/año del total para el cantón.

Tabla 9. Emisiones de CO₂e (ton/año) para los sistemas de congelamiento por distrito y categoría para el cantón de Heredia, 2017.

Categorías	Heredia	Mercedes	San Francisco	Ulloa	Vara Blanca	Total
1	55,53	12,38	67,66	18,77	1,08	155,40
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

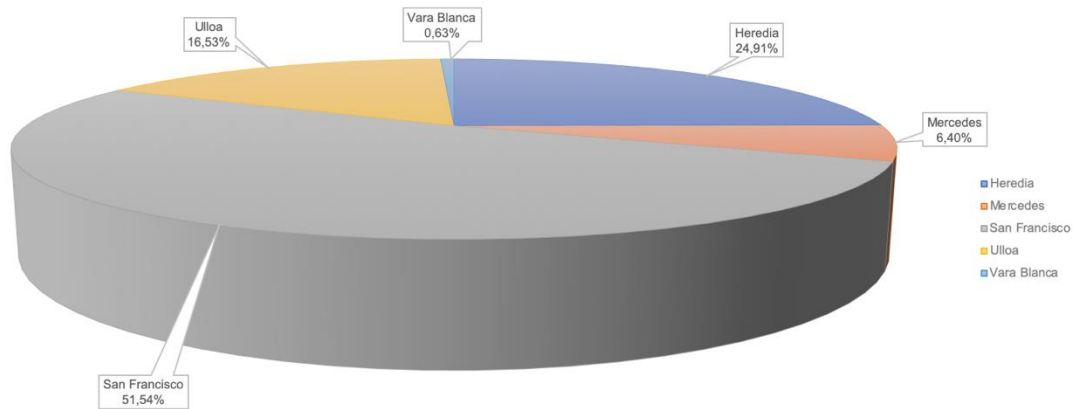
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04
8	0,00	0,00	11,75	0,00	0,00	11,75
9	0,80	0,00	22,55	3,62	0,00	26,97
10	0,00	0,00	5,72	3,91	0,00	9,63
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	51,38	13,20	106,32	34,10	1,29	201,97
Porcentaje (%)	24,91	6,40	51,54	16,53	0,63	100,00

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

La Figura 13 muestra la distribución porcentual de las emisiones por distrito debido al usos de sistemas de congelamiento para el cantón. San Francisco representa más de la mitad de las emisiones con un 51,54 %, seguido de Heredia con un 24,91 %, Ulloa 16,53 %, Mercedes 6,40 % y Vara Blanca 0,63 %.

Esto es consistente con los resultados obtenidos con los sistemas de refrigeración ya que los sistemas de congelamiento son utilizados principalmente en los mismos tipos de comercio que utilizan refrigeración.

Figura 13. Distribución porcentual de las emisiones de CO₂ equivalente por distrito para el cantón de Heredia por el uso de sistemas de congelamiento, 2017.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

6.2.4 Sistemas De Extintores

El Ministerio de Salud (MS) exige a los comercios que posean al menos un extintor por lugar para asegurar que se cumplan las medidas básicas de prevención en caso de incendio.

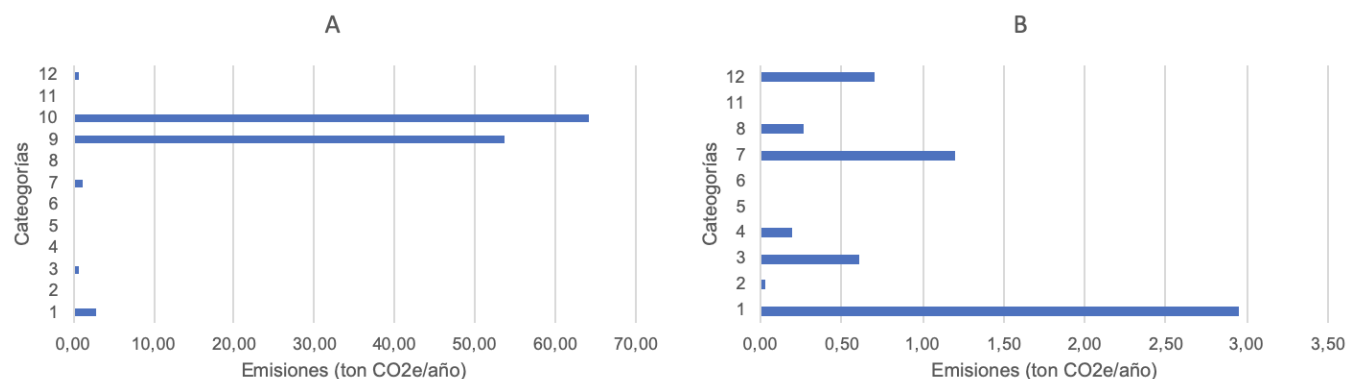
Aunque la mayoría de los establecimientos cuentan con extintores, para efectos del inventario solo se toman en consideración aquellos extintores cuyo agente extintor es dióxido de carbono.

La Figura 14 muestra la distribución de emisiones debido a los extintores por categoría para el cantón de Heredia. De esta resulta evidente que la categoría con mayores emisiones y por ende mayor uso de extintores a base de dióxido de carbono se encuentra en la categoría de zonas francas, seguido de servicios.

Es importante nuevamente rescatar que esta distribución solo considera los extintores que utilizan dióxido de carbono de manera que la baja cantidad de emisiones en otras categorías no se asocia con la ausencia del uso de extintores, sino que los extintores pueden usar otros agentes que no son considerados en el inventario.

De igual manera, la Tabla 10 muestra los aportes totales de emisiones por categoría y distrito debido al uso de extintores para el cantón de Heredia.

Figura 14. Distribución de emisiones de CO₂ equivalente por categoría debido al uso de extintores para el cantón de Heredia con las categorías 9 y 10 (A) y sin las categorías 9 y 10 (B), 2017.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Tabla 10. Emisiones de CO₂e (ton/año) para los sistemas de congelamiento por distrito y categoría para el cantón de Heredia, 2017.

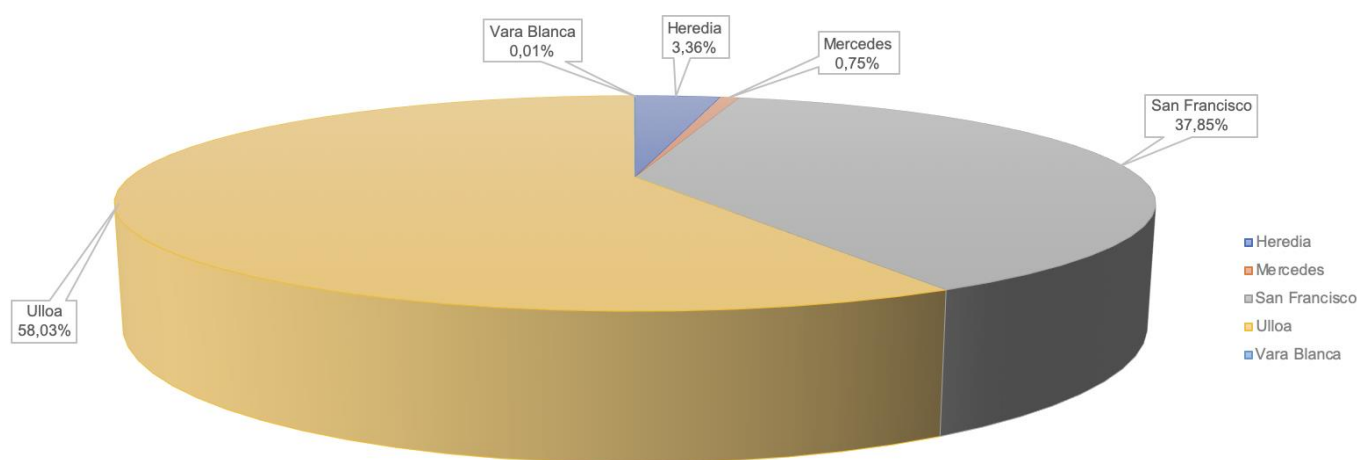
Categorías	Heredia	Mercedes	San Francisco	Ulloa	Vara Blanca	Total
1	2,20	0,54	0,18	0,00	0,023	2,95
2	0,03	0,00	0,00	0,00	0,000	0,03
3	0,44	0,17	0,00	0,00	0,000	0,61
4	0,00	0,00	0,19	0,00	0,000	0,19
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00
7	1,10	0,10	0,00	0,00	0,000	1,20
8	0,05	0,07	0,14	0,00	0,000	0,26
9	2,73	0,38	0,26	50,38	0,000	53,75

10	0,00	0,00	38,14	26,10	0,000	64,24
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00
12	0,00	0,00	0,56	0,14	0,000	0,70
Total	6,36	1,42	71,69	109,91	0,025	177,16
Porcentaje (%)	3,36	0,75	37,85	58,03	0,01	100,00

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

De la Tabla anterior se observa que el total de emisiones por uso de extintores para el cantón corresponde 177,16 ton CO₂e/año, donde la categoría de zonas francas aporta 64,24 ton CO₂e/año y la de servicios 53,75 ton CO₂e/año y donde el distrito de Ulloa representa el mayor aporte de emisiones a nivel distrital con 109,91 ton CO₂e/año.

La Figura 15 muestra la distribución porcentual de las emisiones por distrito debido al uso de extintores para el cantón de Heredia.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Figura 15. Distribución porcentual de las emisiones de CO₂ equivalente por distrito para el cantón de Heredia por el uso de extintores, 2017.

Resulta evidente que Ulloa representa el mayor peso porcentual de las emisiones con un 58,03 %, seguido de San Francisco; mientras que Mercedes y Vara Blanca representan un porcentaje bastante bajo en lo que a uso de extintores de dióxido de carbono se refiere.

6.2.5 Resumen De Las Emisiones Por Refrigerantes

Desde la perspectiva de las fuentes, la Tabla 11 muestra las emisiones por fuente para cada distrito, así como el total de emisiones para el cantón y cada distrito correspondiente.

Se aprecia que el total de emisiones por uso de refrigerantes para el cantón corresponde a 26 972,32 ton CO₂e/año, de este total, los distritos que generan un mayor aporte son los de San Francisco con 14 073,61 ton CO₂e/año y Ulloa con 12 902,95 ton CO₂e/año.

Así mismo la fuente que mayores emisiones genera para el cantón es el uso de sistemas de aire acondicionado con 23 783,32 ton CO₂e/año.

Tabla 11. Emisiones de CO₂e (ton/año) por fuente para cada distrito y totales para el cantón de Heredia, 2017.

Distrito	Aires AC	Refrigeración	Congelamiento	Extintores	Total Distrito
Heredia	237,81	807,11	51,38	6,36	1 102,66
Mercedes	14,11	825,52	13,20	1,42	854,24
San Francisco	13 330,04	565,81	106,32	71,69	14 073,87
Ulloa	12 182,36	576,59	34,10	109,91	12 902,95
Vara Blanca	2,44	19,79	1,29	0,02	23,54
Total Cantón	23 783,32	2 809,88	201,97	177,16	26 972,32

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Desde la perspectiva de las categorías comerciales, la Tabla 10 muestra las emisiones totales por categoría para cada distrito, así como los totales cantonales por categoría

Tabla 12. Emisiones de CO₂e (ton/año) por categoría para cada distrito y totales para el cantón de Heredia, 2017.

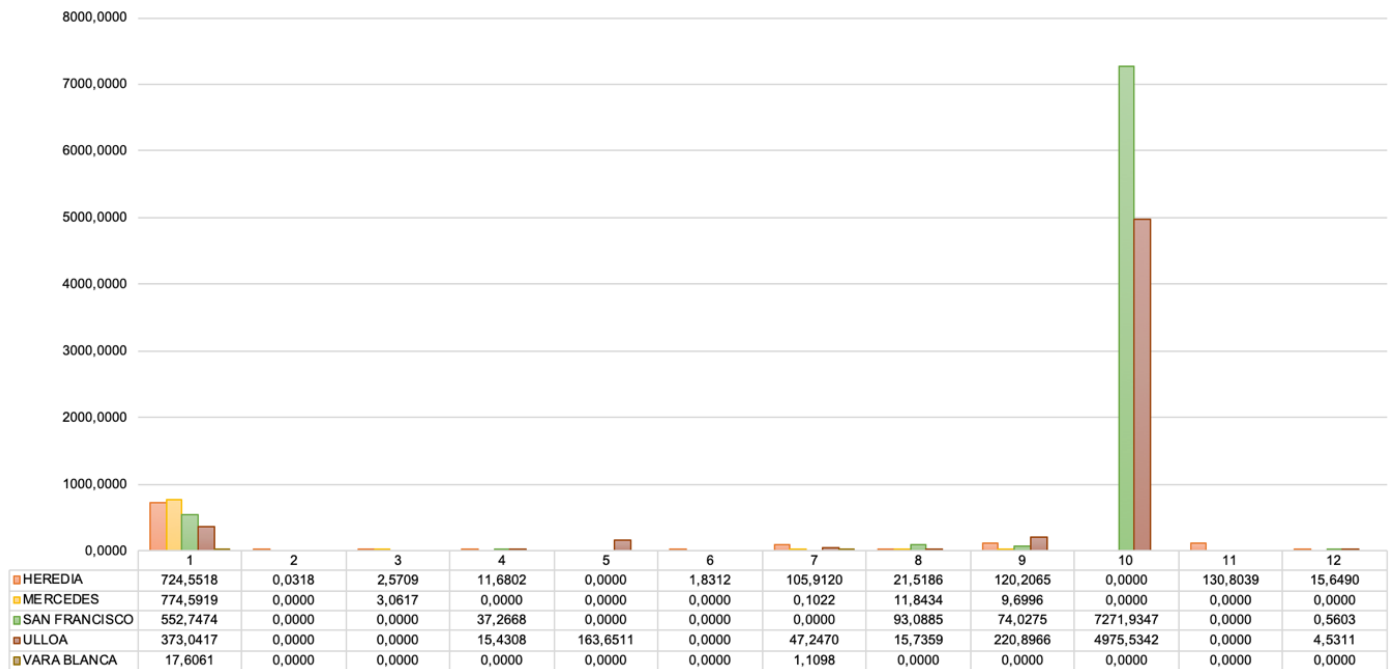
CATEGORÍA	Heredia	Mercedes	San Francisco	Ulloa	Vara Blanca	TOTAL CANTON
1	724,55	774,59	552,75	373,04	17,61	2 442,54
2	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
3	2,57	3,06	0,00	0,00	0,00	5,63
4	11,68	0,00	37,27	15,43	0,00	64,38
5	0,00	0,00	0,00	163,65	0,00	163,65
6	1,83	0,00	0,00	0,00	0,00	1,83
7	105,91	0,10	0,00	47,25	1,11	154,37
8	21,52	11,84	93,09	15,74	0,00	142,19
9	120,21	9,70	74,03	220,90	0,00	424,83
10	0,00	0,00	7 271,93	4 975,53	0,00	12 247,47
11	130,80	0,00	0,00	0,00	0,00	130,80
12	15,65	0,00	0,56	4,53	0,00	20,74

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Resulta evidente de la Tabla anterior que la categoría que más aporta es la de zonas francas, la cual emite 12 247,47 ton CO₂e/año, dato consistente además con los resultados obtenidos para las fuentes, ya que la mayoría de los establecimientos de esta categoría utiliza sistemas de aire acondicionado para mantener sus instalaciones a temperaturas óptimas para el trabajo.

La Figura 16 muestra gráficamente las emisiones totales por distrito para cada categoría y en la misma se aprecia el peso que tiene la categoría de zonas francas, particularmente para los distritos de San Francisco y Ulloa donde se hallan algunas de las principales del cantón, además se ve la relevancia de la categoría de alimentación y bebidas para todos los distritos.

Figura 16. Distribución de las emisiones debido al uso de refrigerantes por categoría y distritos para el cantón de Heredia, 2017.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

De los resultados anteriores, se puede señalar que las políticas de mitigación deben ir dirigidas al uso de tecnologías más eficientes, principalmente en los sistemas de aires acondicionados utilizados en zonas francas, así como en sistemas de refrigeración utilizados en establecimientos que dispensan alimentos y bebidas, con énfasis en el distrito de Heredia y Mercedes.

6.3 Transporte No Convencional

6.3.1 Transporte Ferroviario

El transporte ferroviario es una alternativa para el transporte público de personas que ayuda a agilizar la movilización en las ciudades. Como tal es uno de los medios implementados para disminuir el impacto debido a emisiones por combustión de combustibles fósiles, ya que los trenes tienen una capacidad de movilización de más personas que los automóviles, los cuales son responsables de una gran cantidad de emisiones, contribuyendo por ende a descongestionar el tránsito y reducir las emisiones provenientes de la flotta vehicular.

El ferrocarril en Costa Rica utiliza Diesel como combustible y por ende genera emisiones de GEI las cuales se contabilizan en el presente inventario, sin embargo, pese a estas emisiones, los beneficios del uso del ferrocarril superan sus desventajas.

De acuerdo con la información provista por el Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER) a través del Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE), el tramo de vía férrea que atraviesa el cantón de Heredia tiene una longitud de 4,48 km además en 2017 se realizaron un total de 7 869 viajes, los cuales se estima consumieron un total de 378 484 L de combustible.

Considerando la información anterior provista, se presenta en la Tabla 13 las emisiones de CO₂e. En este caso la combustión del Diesel genera dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, los cuales se pasan a dióxido de carbono equivalente con sus respectivos factores de emisión los cuales se toman del manual de factores de emisión de gases de efecto invernadero del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) (2018).

Tabla 13. Emisiones de CO₂e (ton/año) debido al uso de combustible Diesel para transporte de personas en el ferrocarril para el cantón de Heredia, 2017.

	Emisiones (kg/año)	Emisiones CO₂e (kg/año)	de Emisiones CO₂e (ton/año)	de
CO₂	988 978,69	988 978,69	988,98	

CH₄	56,39	1 184,28	1,18
N₂O	58,29	18 068,83	18,07
Total			1 008,23

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Así, el total de emisiones debido al uso del ferrocarril en el cantón de Heredia en el año 2017 corresponde por ende a 1 008,23 ton CO₂e/año. Proyectos como el del tren eléctrico y la modernización de los trenes de Diesel pueden ayudar a disminuir el impacto por el uso de este medio de transporte.

6.4 Combustibles Para Cocción

En la cocción el uso de electricidad representa tal vez la forma más eficiente, en tanto genera menos residuos y emisiones, sin embargo es más costosa y por ende para disminuir este costo se utilizan otras alternativas, especialmente en comercios donde el uso de combustibles para cocción sea importante tales como establecimientos de comida.

El más común y que se considera en el inventario es el uso de gas licuado de petróleo (GLP) el cual es una mezcla condensable de hidrocarburos provenientes del proceso de refinación del petróleo o del procesamiento del gas natural (Refinadora Costarricense de Petróleo, 2018).

El uso de GLP se ha vuelto común por ser más económico que el uso de electricidad para cocción, sin embargo su uso genera emisiones debido la transformación del mismo en dióxido de carbono por la reacción de combustión a la que es sometido.

Para determinar las emisiones debido al uso de combustibles para cocción en el cantón de Heredia, se incluye un rubro concerniente a este tema en la encuesta realizada para el uso de refrigerante, en la cual se consulta si cuenta con cocina para cocción de alimentos, el tipo de combustible que usa y la cantidad del mismo.

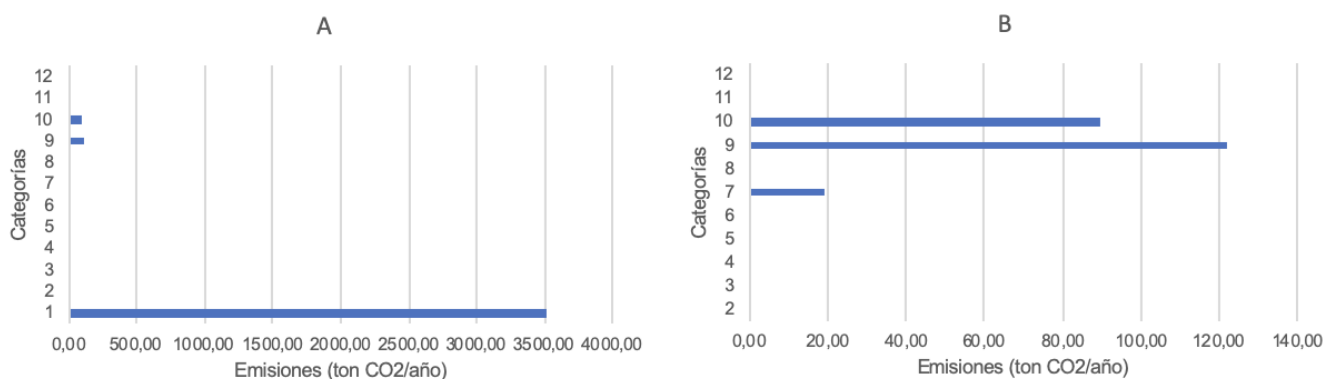
Los establecimientos se dividen en las mismas categorías y la muestra es la misma que la utilizada para la encuesta de refrigerantes. Además, se contabiliza solo las emisiones provenientes

del uso de GLP, bajo el supuesto de que durante la reacción de combustión, esta se da en un 100 % de manera que todo el gas se convierte en dióxido de carbono.

La Figura 17 muestra la distribución de emisiones por el uso de combustibles para cocción por categoría para el cantón de Heredia.

De igual manera la Tabla 14 muestra las emisiones de CO₂ equivalente debido al uso de combustibles para cocción por distrito y categoría para el cantón de Heredia.

Figura 17. Distribución de emisiones de CO₂ equivalente por categoría debido al uso de combustibles para cocción en el cantón de Heredia con la categoría 1 (A) y sin la categoría 1 (B), 2017.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Tabla 14. Emisiones de CO₂e (ton/año) debido al uso de combustibles para cocción por distrito y categoría para el cantón de Heredia, 2017.

Categorías	Heredia	Mercedes	San Francisco	Ulloa	Vara Blanca	Total
1	2 873,89	25,57	185,55	263,67	156,82	3 505,50
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	19,44	19,44
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	21,97	0,00	0,00	99,62	0,00	121,59
10	0,00	0,00	53,10	36,33	0,00	89,43
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	2 640,07	27,27	262,51	478,46	223,03	5 794,89
Porcentaje (%)	72,70	0,75	7,23	13,18	6,14	100,00

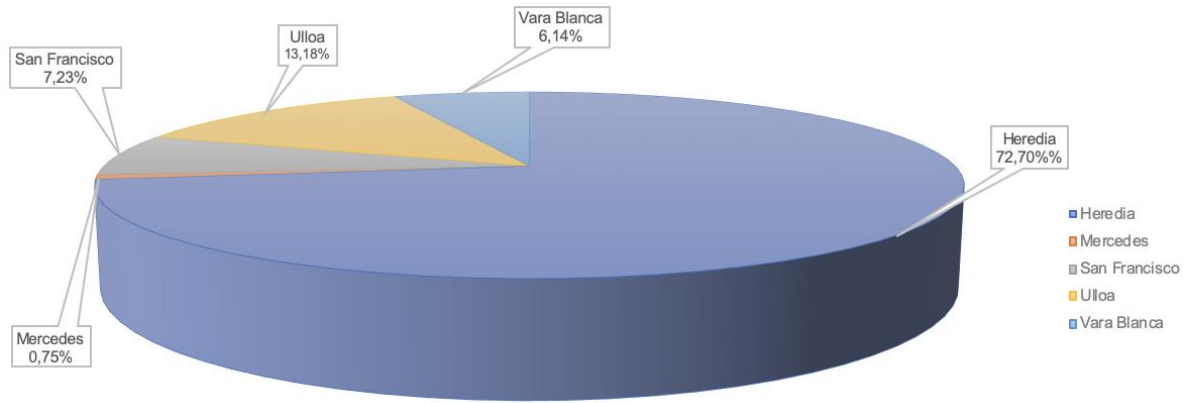
Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

De la misma Figura 17 resulta evidente que la categoría de alimentación y bebidas es la que utiliza mayor cantidad de combustibles para cocción y por ende genera mayores emisiones con 3 505,50 ton CO₂e/año de las 5 794,89 ton CO₂e/año que se generan en el cantón. Este resultado es consistente con lo esperado ya que es en los establecimientos donde se brindan servicios de alimentación, donde se espera encontrar un mayor uso de combustibles para cocción.

Además de la Tabla 12 también se observa que el distrito que mayores emisiones aporta es el de Heredia con 2 640,07 ton CO₂e/año lo cual también coincide con lo esperado ya que el distrito de Heredia concentra la mayor parte de la actividad comercial, incluida la dedicada a servicios de alimentación.

La Figura 18 muestra la distribución porcentual de las emisiones por distrito debido al usos de combustibles para cocción en el cantón.

Figura 18. Distribución porcentual de las emisiones de CO₂ equivalente por distrito para el cantón de Heredia por el uso de combustible para cocción, 2017.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Se observa que Heredia representa el 72,70 % de las emisiones siendo el distrito que más aporta y en donde deben enfocarse los esfuerzos por mitigar el impacto debido al uso de combustibles para cocción.

6.5 Emisiones Por Parte Del Sector Agropecuario

El sector agropecuario comprende las actividades relacionadas con la agricultura y ganadería. Ambas contribuyen al inventario mediante la emisión de diferentes gases GEI según la naturaleza de la actividad agropecuaria en cuestión.

Para efectos del presente inventario se utilizan los datos sobre ganadería y uso de suelos para el cantón de Heredia recopilados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en el VI Censo Nacional Agropecuario (2014) ya que esta es la referencia más actual sobre ganadería y uso de suelos para el país, por lo que se parte del supuesto de la vigencia de estos datos para el 2017.

6.5.1 Emisiones Provenientes De Ganado Vacuno

La parte ganadera aporta en dos ramas principales, una de ellas es debido a la fermentación entérica propia del proceso digestivo del ganado, el cual libera metano a la atmósfera (Tubiello, y otros, 2015).

La ganadería vacuna en particular es de las más ampliamente difundidas y se caracteriza por estar asociada a una fuerte emisión de metano debido al proceso de fermentación entérica llevado a cabo en el proceso digestivo de las vacas, el cual presenta factores de emisión elevados en comparación con otras especies de ganado.

Así mismo las emisiones varían según el sexo y edad de los animales así como de la dieta que reciben los animales, por lo cual el IMN (2018) utiliza diferentes factores de emisión según la edad, sexo del ganado dividiéndolo en terneros, hembra y machos en crecimiento y hembras y machos adultos, así como también por tipo en ganado de carne, leche o doble propósito.

De esta manera la Tabla 15 muestra las cabezas de ganado vacuno segregadas por edad, sexo y tipo, mientras que la Tabla 16 muestra las emisiones de metano generadas por el ganado y su correspondencia en toneladas de CO₂e.

Tabla 15. Cabezas de ganado vacuno segregadas por edad, sexo y tipo para el cantón de Heredia según información del VI Censo Nacional Agropecuario, 2014.

Tipo de Ganado	Carne	Leche	Doble Propósito	Total
Terneros	15	363	135	513
Hembras en Crecimiento	18	435	162	615
Machos en Crecimiento	1	0	4	5
Hembras Adultas	38	903	335	1 276
Machos Adultos	1	0	9	10
Total	73	1 701	645	2 419

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Tabla 16. Emisiones de metano (kg/año) y CO₂e (ton/año) generadas por el ganado vacuno para el cantón de Heredia, 2014.

Tipo de Ganado	Metano (kg/año)			CO ₂ e (ton/año)			CO ₂ e Total (ton/año)
	Carne	Leche	Doble Propósito	Carne	Leche	Doble Propósito	
Terneros	292,20	7 260,00	2 269,35	6,14	152,46	47,66	206,25
Hembras en Crecimiento	1 144,98	21 180,15	6 789,42	24,04	444,78	142,58	611,41
Machos en Crecimiento	66,25	0,00	280,64	1,39	0,00	5,89	7,28
Hembras Adultas	3 260,40	76 755,00	28 699,45	68,47	1 611,86	602,69	2 283,01
Machos Adultos	111,70	0,00	1 005,30	2,35	0,00	21,11	23,46
Total	4 875,53	105 195,15	39 044,16	102,39	2 209,10	819,93	3 131,41

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

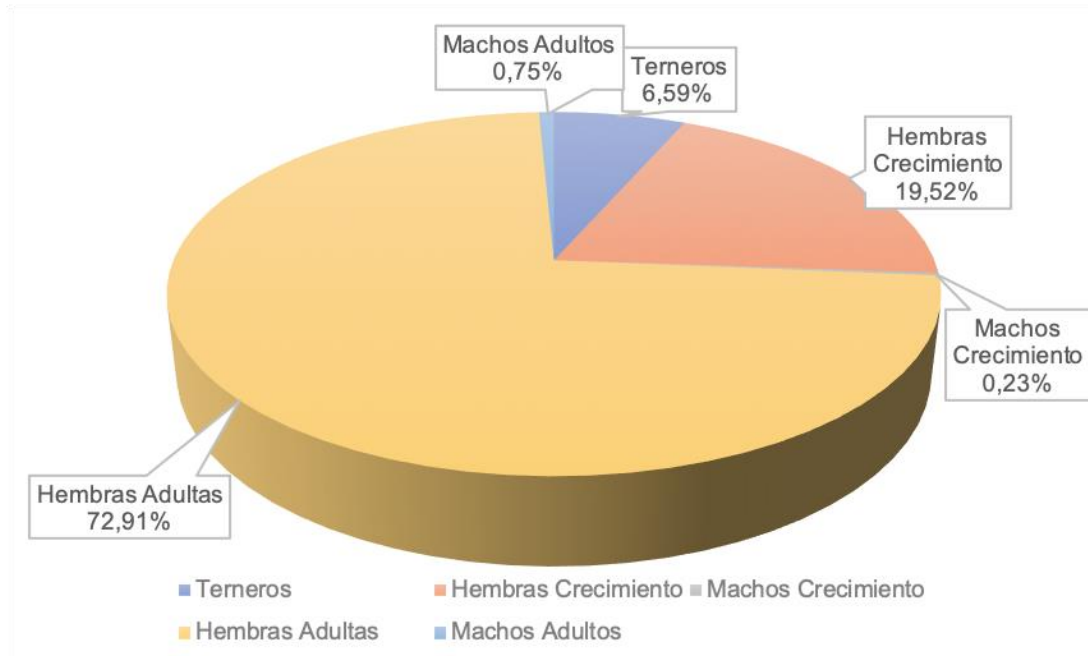
De la Tabla 15 se aprecia que la mayor parte del ganado del cantón está destinado a la producción de leche siendo que la mayoría corresponde a hembras adultas o en crecimiento.

De manera consistente a esto, la Tabla 16 muestra que las mayores emisiones de CO₂e las presenta también el ganado de leche el cuál libera 2 209,10 ton CO₂e/año, con 2 283,01 ton CO₂e/año liberadas por hembras adultas. El ganado de doble propósito es el segundo en generar más emisiones con 819,93 ton CO₂e/año.

En total por concepto de la fermentación entérica del ganado vacuno se liberan en el cantón 3 131,41 ton CO₂e/año.

La Figura 19 muestra la distribución porcentual de las emisiones de acuerdo con la edad y sexo del ganado para el cantón.

Figura 19. Distribución porcentual de las emisiones de CO₂e para el ganado vacuno por edad y sexo para el cantón de Heredia, 2014.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

De la misma resulta evidente lo comprobado con la información de las tablas donde las hembras adultas (generalmente utilizadas para leche) representan un 73% del total de emisiones del cantón.

6.5.2 Emisiones Provenientes De Ganado De Otras Especies

Aunque el ganado vacuno es el que se encuentra en mayor cantidad, otros tipos de ganado también pueden encontrarse en el cantón los cuales también aportan a la emisión de gases GEI aunque por lo general en menor medida que las vacas, ya que los factores de emisión para otros tipos de ganado suelen ser menores.

Los datos del INEC (2014) indican que no hay presencia de búfalos y ovejas en el cantón de manera que la Tabla 17 muestra las cabezas de ganado distintos al vacuno así como sus respectivas emisiones de metano y CO₂ equivalente para el cantón.

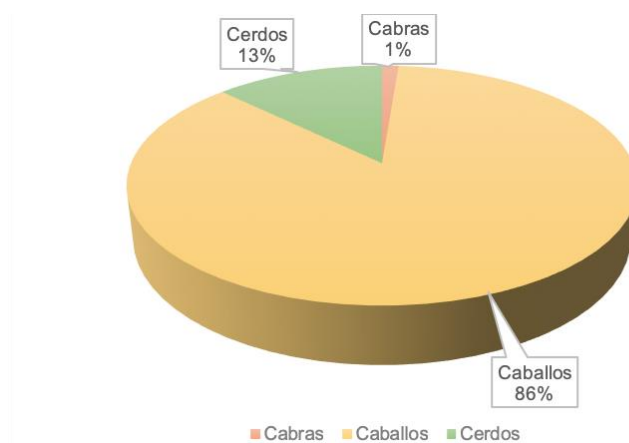
Tabla 17. Cabezas de ganado distintos al vacuno, así como emisiones de metano (kg/año) y CO₂e (ton/año) para cada uno en el cantón de Heredia, 2014.

Tipo de Ganado	Cabezas	Metano (kg/año)	CO ₂ e Total (ton/año)
Cabras	12	60	1,26
Caballos	229	4 122	86,56
Cerdos	612	612	12,85
Total		4794	100,67

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Además la Figura 20 muestra la distribución porcentual de emisiones de CO₂e por tipo de ganado para el cantón.

Figura 20. Distribución porcentual de emisiones de CO₂e por tipo de ganado diferente al vacuno para el cantón de Heredia, 2014.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

De la Tabla y Figura anterior se observa que por ganadería diferente a la vacuna se emiten 100,67 ton CO₂e/año, de las cuales un 86 % equivalente a 86,56 ton CO₂e/año corresponden a emisiones generadas por caballos siendo la fuente de emisión más grande tras el ganado vacuno.

6.5.4 Emisiones Provenientes Del Manejo De Estiércol

El estiércol del ganado también genera emisiones que se pueden contar en función de la cantidad de ganado del cantón. Ya que el estiércol de ganado está compuesto principalmente de materia orgánica y agua, esta puede pasar por un proceso de descomposición que deriva en la liberación de GEI a la atmósfera (Tubiello, y otros, 2015).

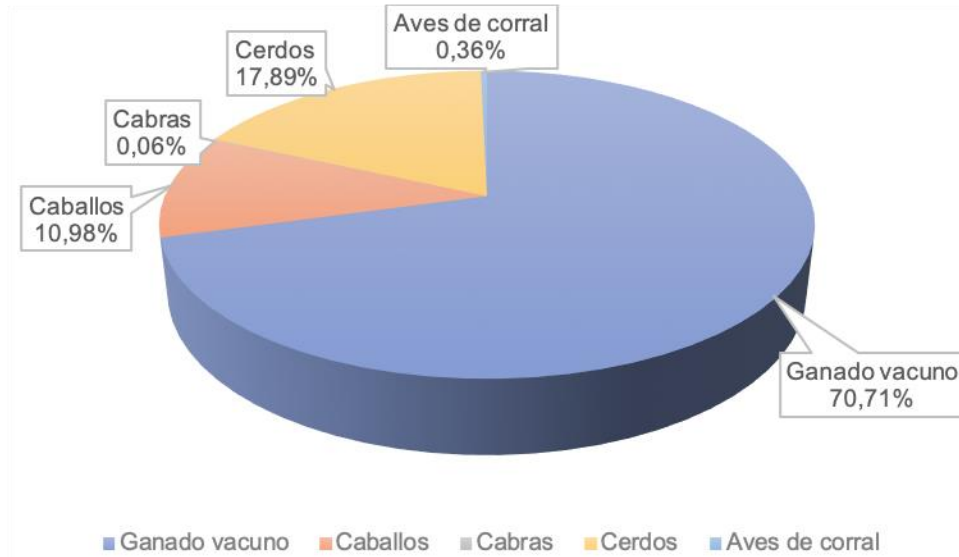
Para el caso del estiércol se considera el generado por ganado vacuno, caballos, cabras, cerdos y aves de corral. De esta manera la Tabla 18 muestra las cabezas de ganado correspondientes y sus respectivas emisiones de metano y CO₂e debido al estiércol generado por los mismos, y la Figura 21 muestra la distribución porcentual de las emisiones de CO₂e por gestión del estiércol para los diferentes tipos de ganado.

Tabla 18 Cabezas de ganado y emisiones de metano (kg/año) y CO₂e (ton/año) debido a la gestión del estiércol para el cantón de Heredia, 2014.

Tipo de Ganado	Cabezas	Metano (kg/año)	CO₂e Total (ton/año)
Ganado vacuno	2 419	2419	50,80
Caballos	229	375,56	7,89
Cabras	12	2,04	0,04
Cerdos	612	612	12,85
Aves de corral	617	12,34	0,26
Total		3 420,94	71,84

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Figura 21. Distribución porcentual de emisiones de CO₂e por tipo de ganado debido a la gestión del estiércol para el cantón de Heredia, 2014.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

El total de emisiones de CO₂e debido a la gestión del estiércol para el cantón de Heredia corresponde a 71,84 ton CO₂e/año. De estas el mayor aporte le corresponde al estiércol del ganado vacuno el cual emite 50,80 ton CO₂e/año que representan un 71 % del total de emisiones, seguido de caballos (11 %) y cerdos (18 %). Las aves de corral y cabras generan emisiones muy bajas por gestión de estiércol, por lo que su aporte porcentual de cero.

6.5.4 Emisiones Provenientes Del Uso De Suelo Por Cultivos

La parte agrícola abarca las emisiones directas e indirectas de óxido nitroso que son normalmente estimadas a partir de los datos sobre nitrógeno suministrado a los suelos, incluyendo el uso de fertilizantes, abonos, etc. (Tubiello, y otros, 2015).

De los datos del VI Censo Nacional Agropecuario del INEC (2014) se tiene que para el cantón de Heredia la siembra de caña de azúcar, cebolla y papa es tan pequeña que para efectos estadísticos no es significativa y por ende no se considera dentro de los cultivos considerados en el inventario.

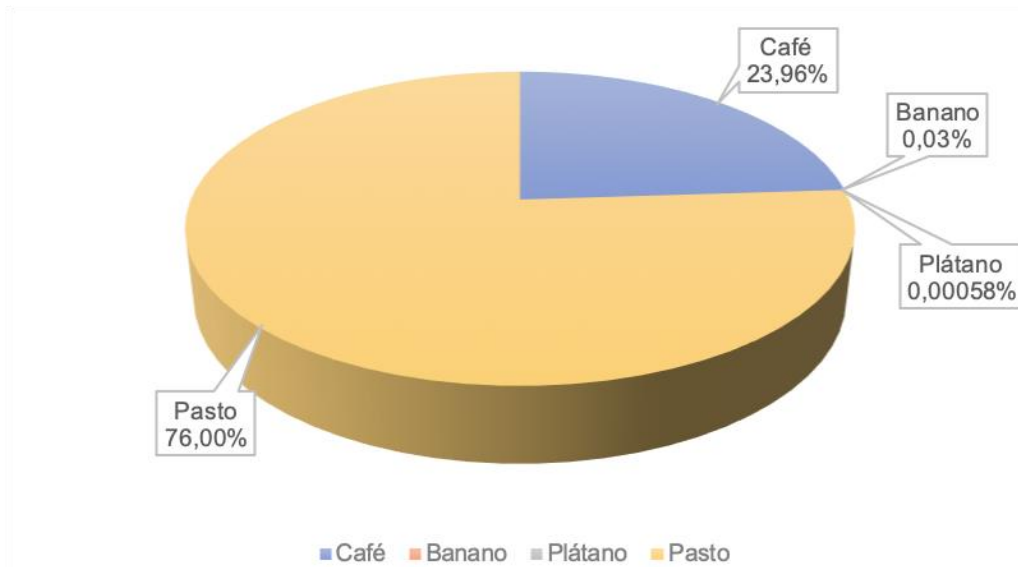
Por otro lado sí se tienen sembradíos registrados de café, banano, plátano y pastizales. La Tabla 19 muestra las hectáreas sembradas de cada cultivo así como sus correspondientes emisiones de óxido nitroso y CO₂ equivalente para el cantón. De igual manera la Figura 22 muestra la distribución porcentual de las emisiones de CO₂e por tipo de cultivo para el cantón.

Tabla 19. Área sembrada (en hectáreas) de diferentes cultivos con sus respectivas emisiones de óxido nitroso (kg/año) y CO₂e (ton/año) para el cantón de Heredia, 2014.

Cultivo	Área Sembrada (ha)	Óxido Nitroso (kg/año)	CO₂e Total (ton/año)
Café	244,17	1 899,64	588,89
Banano	0,57	2,76	0,86
Plátano	0,01	0,05	0,01
Pasto	1 130,35	6 024,77	1 867,68
Total		7 927,22	2 457,44

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Figura 22. Distribución porcentual de emisiones de CO₂e por tipo de cultivo para el cantón de Heredia, 2014.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Se puede observar que los pastos corresponden al cultivo de mayor área en el cantón seguido del café siendo estos los dos cultivos que más emisiones generan con 1 867,68 ton CO₂e/año y 588,89 ton CO₂e/año respectivamente y por ende los que representan el mayor porcentaje de emisiones en la Figura 22. En total se emiten 2 457,44 ton CO₂e/año en el cantón por el uso de suelos para la siembra de pastos y cultivos.

Cabe mencionar que debido a que los datos del INEC no indican para el café si el mismo corresponde a café con o sin sombra, se utiliza el factor de emisión más alto de los dos brindados por el IMN (2018) que corresponde a café con sombra. De igual manera al no indicar el tipo de pasto que se siembra se supone el peor escenario con el factor de emisión para la especie de pasto más alta.

6.5.5 Manejo De Desechos Sólidos

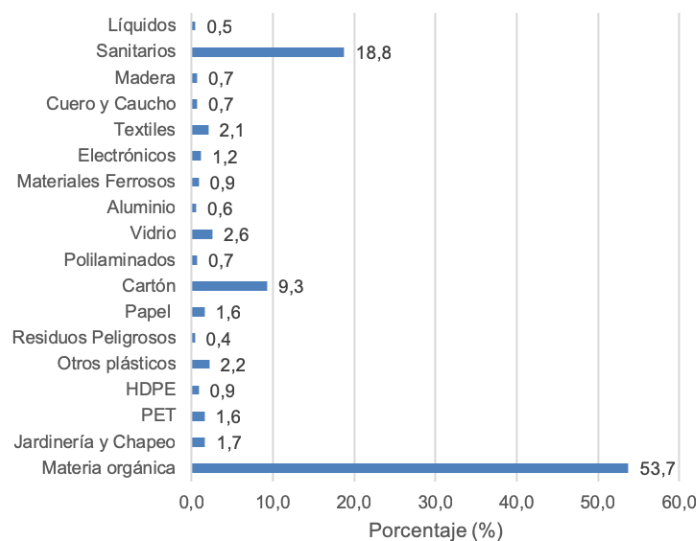
La disposición y manejo de los desechos sólidos representa un problema creciente debido al incremento en el consumo de bienes que generan residuos. La municipalidad de Heredia cuenta con un estudio de caracterización de residuos para el cantón, el cual fue utilizado como base para

la elaboración del plan de gestión integral de residuos, y donde se clasifican los residuos para el cantón por tipo de residuos (Centro de Productividad Nacional, 2012).

La Figura 23 se desprende del estudio de caracterización de residuos para el cantón y muestra el porcentaje de cada tipo de residuos que componen en promedio los residuos del cantón. Se puede observar en el contenido de esta, que la mayor parte de los residuos lo constituyen compuestos orgánicos (53,7 %), seguido de residuos sanitarios como pañales (18,8 %) y cartón (9,3 %) y en menor medida distintas fracciones de otros tipos de residuos tales como plásticos, madera, papel, vidrio, metales entre otros.

Para efectos de la emisión de GEI y su impacto sobre el calentamiento global, el principal problema lo constituye el alto contenido de materia orgánica biodegradable y su mala gestión, ya que de los residuos generados, es la fracción biodegradable la que se descompone usualmente en condiciones anaerobias liberando grandes cantidades de metano a la atmósfera si este no es aprovechado.

Figura 23. Composición porcentual de los residuos sólidos para el cantón de Heredia según el estudio de caracterización de residuos para el cantón, 2012.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

La Municipalidad de Heredia brindó los datos de residuos sólidos recolectados en el cantón para disposición en relleno sanitario. La Tabla 20 muestra las toneladas totales de residuos por mes para el año 2017 así como la masa correspondiente a cada tipo de residuos de acuerdo a la clasificación establecida por la IPCC (2006) la cual señala las siguientes categorías: papel y cartón, textiles, alimentos, madera, jardinería, pañales, cuero y caucho, plásticos, metales, vidrio y otros.

Para efectos del cálculo de CO₂e emitido por estos residuos solo se consideran los residuos que de acuerdo con la IPCC (2006) presentan un nivel de biodegradabilidad aceptable, por lo que residuos como vidrio, metales y plásticos que presentan biodegradabilidades muy bajas no se consideran. Además se estiman las fracciones de las masas de cada tipo de residuo que son biodegradables para efectos de calcular las emisiones de CO₂e.

La Tabla 21 muestra las emisiones de CO₂e por tipo de residuo y total para el cantón de Heredia durante el año 2017.

Tabla 20. Masa de residuos sólidos total (ton) así como masas por tipo de residuos (ton) para el cantón de Heredia, 2017.

Mes	Masa de residuos (ton)	Masa Papel y Cartón (ton)	Masa y Textiles (ton)	Masa Comida (ton)	Masa Madera (ton)	Masa Jardinería (ton)
enero	3 550,25	386,20	73,73	1 907,14	24,58	59,69
febrero	3 202,34	348,36	66,50	1 720,24	22,17	53,84
marzo	3 252,95	353,86	67,56	1 747,43	22,52	54,69
abril	4 056,23	441,24	84,24	2 178,94	28,08	68,19
mayo	4 543,65	494,27	94,36	2 440,77	31,45	76,39
junio	3 885,12	422,63	80,68	2 087,02	26,89	65,32
julio	3 752,98	408,26	77,94	2 016,04	25,98	63,09

Agosto	4 177,34	454,42	86,75	2 244,00	28,92	70,23
Septiembre	3 712,25	403,82	77,09	1 994,16	25,70	62,41
Octubre	3 797,11	413,06	78,86	2 039,75	26,29	63,84
Noviembre	4 016,13	436,88	83,40	2 157,40	27,80	67,52
Diciembre	3 672,64	399,52	76,27	1 972,88	25,42	61,74
TOTAL	45 618,99	4 962,51	947,39	24 505,77	315,80	766,93

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Tabla 18 (Continuación). Masa de residuos sólidos total (ton) así como masas por tipo de residuos (ton) para el cantón de Heredia, 2017.

Mes	Masa Pañales (ton)	Masa Cuero y Caucho (ton)	Masa Plásticos (ton)	Masa Metales (ton)	Masa Vidrio (ton)	Masa Otros (ton)
Enero	667,08	24,58	165,01	94,80	91,28	56,17
Febrero	601,71	22,17	148,84	85,51	82,34	50,67
Marzo	611,21	22,52	151,20	86,86	83,64	51,47
Abril	762,15	28,08	188,53	108,31	104,29	64,18
Mayo	853,73	31,45	211,19	121,32	116,83	71,89
Junio	730,00	26,89	180,58	103,74	99,89	61,47
Julio	705,17	25,98	174,44	100,21	96,50	59,38
Agosto	784,90	28,92	194,16	111,54	107,41	66,10
Septiembre	697,52	25,70	172,54	99,12	95,45	58,74

Octubre	713,46	26,29	176,49	101,39	97,63	60,08
Noviembre	754,61	27,80	186,67	107,23	103,26	63,55
Diciembre	690,07	25,42	170,70	98,06	94,43	58,11
TOTAL	8 571,61	315,80	2 120,34	1 218,07	1 172,96	721,82

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Tabla 21. Emisiones de CO₂e (ton/año) por tipo de residuo y total para el cantón de Heredia, 2017.

Mes	Emisiones de CO ₂ e (ton/año)			
	Papel y Cartón	Textiles	Comida	Madera
Enero	2,38	0,31	10,15	0,17
Febrero	2,15	0,28	9,15	0,16
Marzo	2,18	0,28	9,30	0,16
Abril	2,72	0,35	11,59	0,20
Mayo	3,04	0,40	12,98	0,22
Junio	2,60	0,34	11,10	0,19
Julio	2,51	0,33	10,73	0,18
Agosto	2,80	0,36	11,94	0,20
Septiembre	2,49	0,32	10,61	0,18
Octubre	2,54	0,33	10,85	0,18
Noviembre	2,69	0,35	11,48	0,19
Diciembre	2,46	0,32	10,50	0,18

TOTAL	30,57	3,98	130,37	2,21
--------------	-------	------	--------	------

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Tabla 19 (Continuación). Emisiones de CO₂e (ton/año) por tipo de residuo y total para el cantón de Heredia, 2017.

Mes	Emisiones de CO₂e (ton/año)			
	Jardinería	Pañales	Cuero y Caucho	Total
Enero	0,41	5,60	0,16	19,18
Febrero	0,37	5,05	0,15	17,30
Marzo	0,38	5,13	0,15	17,58
Abril	0,47	6,40	0,18	21,91
Mayo	0,52	7,17	0,21	24,55
Junio	0,45	6,13	0,18	20,99
Julio	0,43	5,92	0,17	20,28
Agosto	0,48	6,59	0,19	22,57
Septiembre	0,43	5,86	0,17	20,06
Octubre	0,44	5,99	0,17	20,51
Noviembre	0,46	6,34	0,18	21,70
Diciembre	0,42	5,80	0,17	19,84
TOTAL	5,26	72,00	2,08	246,47

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

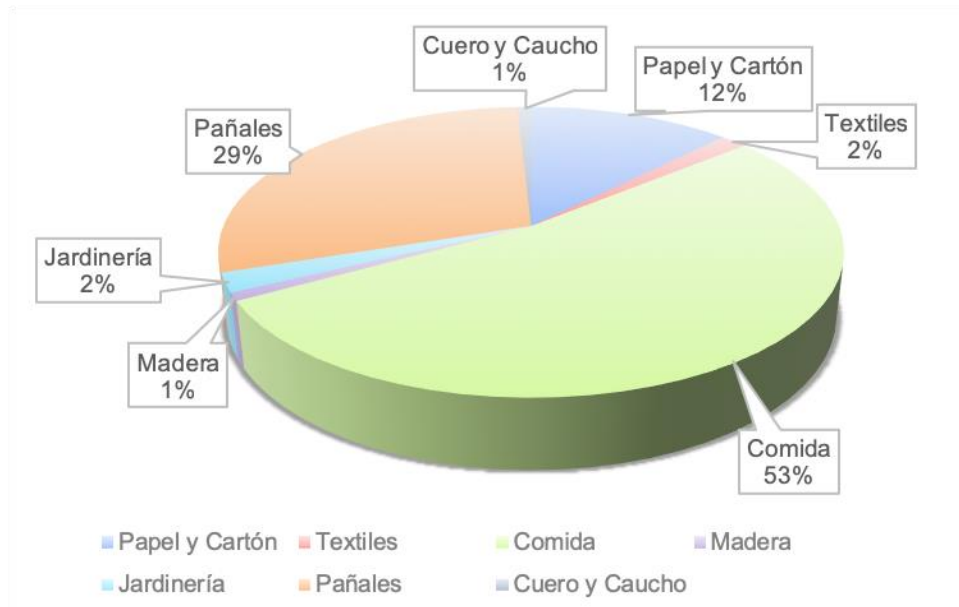
De la Tabla 18 se observa que tal como lo señala la Figura 24 la mayor masa de residuos corresponde a alimentos los cuales entran en la categoría de residuos biodegradables con 24 505,77 ton de las 45 618,99 ton.

Además se puede observar que la variación en la cantidad de residuos entre un mes y otro no es muy grande oscilando entre las 3 200 ton y las 4 600 ton. Esto refleja un comportamiento de consumo bastante regular a lo largo del año.

Por otro lado de la Tabla 19 se observa que en total se emiten 246,47 ton CO₂e/año por gestión de los residuos sólidos en el cantón de Heredia. De estas 130,37 ton CO₂e/año provienen de residuos de alimento. Las otras dos categorías que más aportan son los pañales y el papel y cartón.

La Figura 24 muestra la distribución porcentual de las emisiones por tipo de residuo para el cantón de Heredia.

Figura 24. Distribución porcentual de las emisiones de CO₂e por tipo de residuos para el cantón de Heredia, 2017.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Cabe mencionar que como parte de las estrategias de mitigación en el área de residuos, la Municipalidad cuenta con programas de revalorización de residuos mediante recolección puerta a puerta así como programas de aprovechamiento de los desechos mediante compostaje.

6.6 Generación De Aguas Residuales

El uso de agua en las actividades humanas ocasiona la generación de aguas residuales, las cuales poseen microorganismos, materia orgánica y otras sustancias que pueden descomponerse mediante procesos biológicos.

Esta degradación de la materia orgánica disuelta en las aguas residuales genera la emisión de gases GEI como metano y dióxido de carbono en los sitios donde se tratan las aguas y los cuales si no se capturan son emitidos directamente a la atmósfera, por lo que se consideran como parte del inventario.

6.6.1 Aguas Residuales Residenciales

Las aguas residuales residenciales son aquellas producto de las necesidades diarias de las personas tales como lavado, baño, cocción, uso del servicio sanitario entre otros. Considerando que el cantón de Heredia es un cantón urbano con una densidad poblacional alta, es de esperar que la generación de aguas residuales residenciales genere un aporte importante.

Para el caso de Heredia, la ESPH es la empresa que provee los servicios de agua y además también gestiona el tratamiento de las aguas residuales residenciales generadas en el cantón. La empresa cuenta con 5 plantas de tratamiento de aguas residuales que cubren las aguas de cerca de 66 580 personas.

Además del Censo Nacional (2011) se tiene que la población para el cantón de Heredia corresponde 123 616 habitantes, de manera que la cantidad de personas que no vierten sus aguas en una planta de la ESPH corresponde a 57 036 habitantes. Para estos se supondrá que sus aguas son vertidas al alcantarillado sanitario y descargadas sin tratar ya que no se cuenta con información sobre la manera en que las aguas de estos habitantes son gestionadas.

Para el caso de las aguas tratadas por la ESPH, cuatro de las plantas son aerobias y la quinta es facultativa. Para calcular las emisiones de dióxido de carbono equivalente de las plantas de la

ESPH, se utiliza el método propuesto por la IPCC (2006) donde se calcula el factor de emisión a partir del factor de máxima capacidad de producción de metano (B_0) y un factor de corrección de metano (MCF) según el tipo de tratamiento. De esta manera gracias a la información provista por la ESPH se tienen los valores de B_0 y MCF para cada planta tal como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22. Emisiones de CO_2e (ton/año) para las aguas residuales tratadas en las plantas de la ESPH

Planta	Período	DBO (mg/L)	Caudal Prom (m ³ /día)	DA (kg DBO/tri m)	B_0	MCF	FE (kg CH ₄ /kg DBO)	Emisiones de CH ₄ (ton/tri m)	PC G	Emisiones de CO ₂ (ton/tri m)
Real Santa María Este (Aerobia)	Ene-Mar	7	418,2	263,47	0,6	0	0	0	21	0
	Abril-Jun	2	154,8	28,17	0,6	0	0	0	21	0
	Jul-Sept	6	467	257,78	0,6	0	0	0	21	0
	Oct-Dic	4	198,7	73,12	0,6	0	0	0	21	0
Real Santa María Oeste (Aerobia)	Ene-Mar	2	35,9	6,46	0,6	0	0	0	21	0
	Abril-Jun	3	76	20,75	0,6	0	0	0	21	0
	Jul-Sept	2	18,3	3,37	0,6	0	0	0	21	0

La Aurora (Aerobia)	Oct- Dic	5	71	32,66	0,6	0	0	0	0	21	0
	Ene- Mar	54	3024, 2	14 697,61	0,6	0,3	0,18	2,65		21	55,56
	Abril- Jun	133	1589, 1	19 232,88	0,6	0,3	0,18	3,46		21	72,70
	Jul- Sept	48	465,8	2 056,97	0,6	0	0	0		21	0
	Oct- Dic	74	537,9	3 662,02	0,6	0,3	0,18	0,66		21	13,84
Flores (Facultativa)	Ene- Mar	33	28,5	84,65	0,6	0,5	0,3	0,03		21	0,53
	Abril- Jun	10	37,7	34,31	0,6	0,5	0,3	0,01		21	0,22
	Jul- Sept	12	67,6	74,63	0,6	0,5	0,3	0,02		21	0,47
	Oct- Dic	32	8,1	23,85	0,6	0,5	0,3	0,01		21	0,15
	Ene- Mar	20	793,7	1 428,66	0,6	0	0	0		21	0
Los Lagos (Aerobia)	Abril- Jun	7	753,1	479,72	0,6	0	0	0		21	0
	Jul- Sept	10	570,3	524,68	0,6	0	0	0		21	0
	Oct- Dic	13	924,3	1 105,6	0,6	0	0	0		21	0

Total	6,83	143,47
--------------	------	--------

*Total expresado en ton/año

Puede observarse de la tabla anterior que para las plantas aerobias bien manejadas, el factor de corrección de metano dado por la IPCC (2006) es de cero, pues en plantas aerobias no se espera la producción de este gas. Además se puede ver que para la planta de la Aurora durante tres de los cuatro semestres tuvo problemas de manejo o sobre cargas que son las responsables de que se genere metano y la razón por la cual se utiliza un MCF de 0,3. Así mismo la planta de Flores es la única que por su naturaleza facultativa es esperable que se de alguna producción de metano siendo que para este tipo de plantas, la IPCC (2006) establece un MCF de 0,5. Finalmente las emisiones de CO₂e debido al tratamiento de estas aguas corresponde a 143,47 ton CO₂e/año.

En cuanto a las emisiones por las aguas domésticas no tratadas, se tiene que la población no servida por la ESPH corresponde como se mencionó anteriormente a 57 036 habitantes. Haciendo uso de una DBO per cápita de 40 g/persona-día y una capacidad de producción de metano máxima de 0,6 kg CH₄/kg DBO tomada de la IPCC (2006) para América Latina y considerando las aguas no tratadas como vertidas sin tratamiento a cuerpos receptores para la escogencia del factor de corrección de metano tomado de la IPCC (2006), se obtiene por la misma metodología que las emisiones por aguas no tratadas corresponde a 2 098,47 kg CO₂e/año. La Tabla 23 resume las emisiones de CO₂e(ton/año) para las aguas residuales residenciales del cantón de Heredia.

Tabla 23 Emisiones de CO₂e (ton/año) para las aguas residuales residenciales del cantón de Heredia, 2017.

Tipo de Tratamiento	Población atendida	Emisiones de CH₄ (kg/año)	Emisiones de CO₂e (ton/año)
Plantas de la ESPH	66 580	6,83	143,47
Sin Tratamiento	57 036	99 927,07	2 098,47
Total	123 616	99 933,90	2 241,94

De la Tabla anterior se observa que como es de esperar las aguas residenciales domésticas generan un aporte importante de 2 241,94 ton CO₂e/año, la mayoría proveniente del sector poblacional que no trata sus aguas mediante planta de tratamiento de la ESPH.

Es importante mencionar que la ESPH trabaja en la expansión de su red de tratamiento para poder llevar el servicio a más personas y poder cubrir así a una mayor parte de la población. Estos esfuerzos son importantes en el proceso por mitigar y disminuir el impacto que generan las emisiones por aguas residuales de este tipo.

6.6.2 Aguas Residuales Industriales

Las industrias suelen utilizar agua en muchas de las etapas de sus procesos de manufactura, y esto ocasiona que también generen aguas residuales producto del uso de dicha agua. Sin embargo a diferencia de las aguas residuales residenciales, las aguas residuales industriales se categorizan por separado ya que estas pueden contener otros tipos de contaminantes propios de las actividades industriales que en condiciones ordinarias no se encuentran en las aguas residenciales, tales como metales pesados u otros contaminantes específicos. Así mismo aunque esto depende de la naturaleza de la industria y no aplica en todos los casos, las aguas residuales industriales tienden a tener menores cargas de contaminantes orgánicos respecto a las residenciales.

En este caso las industrias se clasifican mediante el Código Industrial Internacional Uniforme (CIIU) y el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales (2006) hace mención de aquellos códigos CIIU que se consideran como generadores de aguas residuales especiales. De manera que de la lista de entes generadores provista por el Área Rectora de Salud de Heredia, se clasifican solo los entes cuyo código CIIU corresponde a uno de los mencionados en el Reglamento para la estimación de las emisiones en esta categoría.

Así mismo en este caso se utiliza como parámetro para la estimación de las emisiones la DQO asociada al vertido de los entes en cuestión, ya que el IMN (2018) para este tipo de aguas presenta los factores de emisión en kg CH₄/kg DQO.

La Tabla 24 muestra las emisiones de CO₂e (ton/año) para las aguas residuales industriales del cantón de Heredia. Se aclara que para mantener la confidencialidad de los entes, se reemplaza su razón social por un código alfabético que hace referencia a cada uno de los entes en cuestión.

Tabla 24. Emisiones de CO₂e (ton/año) para las aguas residuales industriales del cantón de Heredia, 2017.

Ente Generador	Caudal Promedio Anual (L/año)	DQO Promedio Reportada (mg/L)	DQO Promedio Anual (kg DQO/año)	Emisiones de CO₂e (ton/año)
A	730 000	8,0	5,8	0,02
B	5 712 250	44,0	251,3	1,06
C	149 843 450	57,0	8 541,1	35,87
D	106 115 538	62,2	6 605,7	27,74
Total				64,70

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

De la Tabla 24 se observa que las emisiones debido a las aguas residuales industriales corresponden a 64,7 ton CO₂e/año para el cantón. Esto es de esperar debido a que según la clasificación CIIU son pocos los entes que de acuerdo al reglamento caben dentro de la categoría de aguas residuales especiales.

Por otro lado, anteriormente se había mencionado tal como se muestra en la Figura 4 que la mayor parte de las patentes industriales se hallan en el distrito de Ulloa y San Francisco, por lo cual es probable que estos sean los distritos en los que se deba enfocar para mitigar las emisiones por aguas industriales.

6.6.3 Aguas Residuales Comerciales

Finalmente los comercios también hacen uso de agua para llevar a cabo sus actividades diarias y por ende generan aguas residuales, las cuales por ley deben de tratar. Estas aguas son similares en composición a las domésticas, aunque pueden diferir en cuanto a la cantidad de contaminantes que posean según la naturaleza de la actividad comercial.

Para el caso del presente inventario, se hace uso del listado de entes generadores registrados ante el Ministerio de Salud provisto por el Área Rectora de Salud de Heredia. De este listado se toman solo los entes que generen aguas producto de una actividad comercial, de manera que no se consideran los entes industriales ni residenciales que ya fueron analizados anteriormente.

Así mismo, para efectos del cálculo de las emisiones se utiliza el valor de DQO reportado así como el factor de emisión para el peor escenario dado por el IMN (2018) para la categoría de aguas industriales. Se opta por usar este factor de emisión ya que es difícil conocer la cantidad de personas que pueden hacer uso de servicios comerciales y generar aguas residuales durante el año de estudio, y no se cuenta con dicha información, pero sí se conoce la caracterización de las aguas residuales generadas.

De esta manera la Tabla 25 presenta las emisiones de CO₂e (ton/año) para las aguas residuales comerciales del cantón de Heredia. Se aclara que para mantener la confidencialidad de los entes, se reemplaza su razón social por un código numérico que hace referencia a cada uno de los entes en cuestión.

Tabla 25. Emisiones de CO₂e (ton/año) para las aguas residuales comerciales del cantón de Heredia, 2017.

Ente Generador	Caudal Promedio Anual (L/año)	DQO Promedio Reportada (mg/L)	DQO Promedio Anual (kg DQO/año)	Emisiones de CO₂e (ton/año)
1	1 562 200	207,5	324,2	1,4
2	1 047 550	251,0	262,9	1,1
3	616 850	246,0	151,7	0,6
4	835 850	66,0	55,2	0,2
5	970 900	53,0	51,5	0,2
6	2 890 800	473,0	1 367,3	5,7

7	6 084 550	250,0	1 521,1	6,4
8	312 075	156,0	48,7	0,2
9	5 405 650	90,0	486,5	2,0
10	8 632 250	57,5	496,4	2,1
11	8 150 450	168,0	1 369,3	5,8
12	182 500	690,0	125,9	0,5
13	56 874 300	52,7	2 995,4	12,6
14	4 226 700	80,0	338,1	1,4
15	37 351 667	451,0	16 845,6	70,8
16	2 657 200	33,0	87,7	0,4
17	970 900	60,0	58,3	0,2
18	12 592 500	237,0	2 984,4	12,5
19	76 224 167	52,3	3 989,1	16,8
20	1 704 550	81,7	139,2	0,6
21	511 000	32,5	16,6	0,1
22	417 925	232,0	97,0	0,4
23	245 766 667	66,0	16 220,6	68,1
24	43 702 667	508,0	22 201,0	93,2
25	116 490 967	520,0	60 575,3	254,4
26	1 679 000	465,0	780,7	3,3
27	708 100	146,0	103,4	0,4
28	3 040 450	2 313,5	7 034,1	29,5

28	11 607 000	524,0	6 082,1	25,5
30	295 650	239,0	70,7	0,3
31	3 577 000	61,5	220,0	0,9
32	182 500	1 869,0	341,1	1,4
33	1 788 500	39,0	69,8	0,3
34	2 007 500	79,0	158,6	0,7
35	4 234 000	362,0	1 532,7	6,4
36	901 550	60,0	54,1	0,2
37	1 157 050	165,0	190,9	0,8
38	346 750	14,0	4,9	0,0
39	10 694 500	58,0	620,3	2,6
40	803 000	219,5	176,3	0,7
41	2 624 350	108,0	283,4	1,2
42	584 000	995,0	581,1	2,4
43	803 000	592,0	475,4	2,0
44	1 022 0000	40,0	408,8	1,7
45	18 250 000	23,0	419,8	1,8
46	3 677 375	590,0	2 169,7	9,1
47	2 022 100	14,0	28,3	0,1
48	2 792 250	353,0	985,7	4,1
49	854 100	79,0	67,5	0,3
50	1 251 950	60,0	75,1	0,3

51	2 365 200	48,0	113,5	0,5
52	949 000	210,0	199,3	0,8
53	5 110 000	282,0	1 441,0	6,1
54	117 165 000	115,0	13 474,0	56,6
55	288 350	51,0	14,7	0,1
56	324 850	36,0	11,7	0,0
57	15 038 000	44,5	669,2	2,8
58	22 204 167	49,3	1 095,4	4,6
59	32 728 333	72,0	2 356,4	9,9
60	68 315 833	86,7	5 920,7	24,9
TOTAL				760,4

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

De la Tabla 25 se observa que en total las emisiones de CO₂e emitidas debido a las aguas residuales comerciales corresponde a 760,4 ton CO₂e/año, e igualmente de la Figura 6 puede inferirse que la mayor parte de los comercios generadores de estas emisiones se hallan en el distrito de Heredia donde se concentra la mayor parte del comercio del cantón.

6.6.4 Resumen De Aguas Residuales

Habiendo visto los aportes que cada tipo de agua residual genera al inventario de emisiones de GEI, la Tabla 26 resume los resultados para cada una así como las emisiones totales por generación de aguas residuales para el cantón.

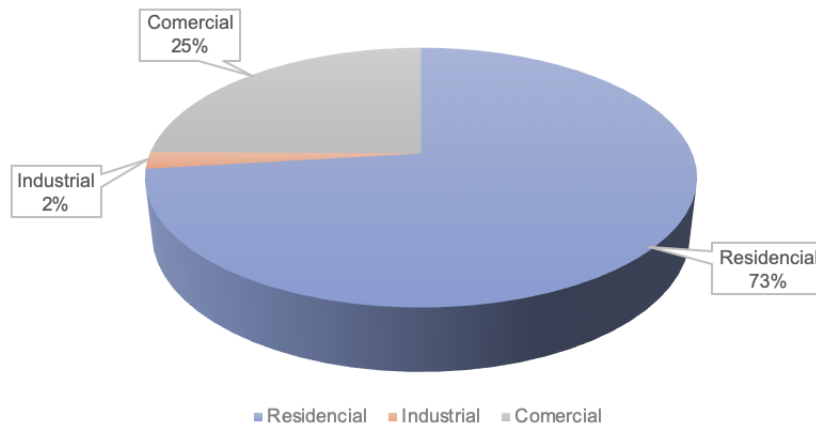
De igual manera, la Figura 25 muestra la distribución porcentual de las emisiones por tipo de agua residual para el cantón.

Tabla 26 Emisiones de CO₂e (ton/año) por tipo de agua residual para el cantón de Heredia, 2017.

Tipo de Agua	Emisiones de CO ₂ e (ton/año)
Residencial	2 241,94
Industrial	64,70
Comercial	760,36
Total	3 067,00

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Figura 25 Distribución porcentual de las emisiones de CO₂e por tipo de agua residual para el cantón de Heredia, 2017



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Se observa que en total la generación de aguas residuales genera un aporte importante de 3 067,00 ton CO₂e/año de las cuales el 73 % proviene de las aguas residuales residenciales o domésticas, siendo estas las que usualmente poseen mayor contenido de materia orgánica biodegradable y por ende mayor propensión a liberar gases GEI debido a los procesos de descomposición de la misma.

7. Emisiones De GEI Generadas Por Fuentes Fijas

Las emisiones de GEI provenientes de fuentes fijas, son aquellas que provienen de la quema de combustibles fósiles para la generación de calor u otros usos industriales. (calderas y hornos). Para calcular las emisiones debido a estas fuentes en el cantón de Heredia se solicita al MS a través del Área Rectora de Salud de Heredia un listado de los entes generadores registrados, con el tipo de combustible que utilizan y su respectivo consumo.

Para el cantón aparecen registrados 6 entes generadores. La Tabla 27 muestra las emisiones de CO₂e (ton/año) debido a fuentes fijas para el cantón de Heredia. Se aclara que para mantener la confidencialidad de los entes, se reemplaza su razón social por un código alfabético que hace referencia a cada uno de los entes en cuestión.

Como se aprecia de la Tabla 25, la mayoría de los entes utilizan combustibles como búnker o Diesel para alimentar sus calderas u hornos, y en menor medida GLP. Además de los resultados obtenidos se observa que las fuentes fijas emiten un total de 8 879 ton CO₂e/año para el cantón de Heredia, cantidad apreciable, pero esperada considerando que estas fuentes utilizan combustibles fósiles como principal insumo para su funcionamiento.

Tabla 27 Emisiones de CO₂e (ton/año) debido a fuentes fijas para el cantón de Heredia, 2017.

Ente Generador	Combustible	Consumo Anual combustible (L/año)	Emisiones de CO₂ (ton/año)	Emisiones de CO₂e por metano (ton/año)	Emisiones de CO₂e por óxido nitroso (ton/año)	Total
A	BÚNKER	102 200	316,92	0,30	0,88	318,10
B	DIESEL	693 500	1 812,12	5,56	5,25	1 822,93
C	DIESEL	365 000	953,75	2,93	2,76	959,44
	DIESEL	365 000	953,75	2,93	2,76	959,44
	DIESEL	365 000	953,75	2,93	2,76	959,44

D	BÚNKER	365 000	1 131,87	3,32	3,13	1 138,32
	BÚNKER	365 000	1 131,87	3,32	3,13	1 138,32
E	DIÉSEL	43 070	112,54	0,35	0,33	113,21
F	LPG	912 135	1 469,45	0,52	0,78	1 470,74
Total						8 879,92

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

8. Emisiones De GEI Generadas Por Fuentes Móviles

Las emisiones por fuentes móviles hacen referencia a las emisiones provenientes de objetos que no se hallan en un lugar fijo. Más específicamente hace referencia a las emisiones provenientes del transporte tradicional.

Las flotillas vehiculares constituyen una de las principales fuentes de emisión, en tanto la mayoría de los automóviles utilizan combustibles fósiles para funcionar. Además cada automóvil tiene la capacidad de llevar en promedio 5 personas, pero la mayoría de las veces cada persona usa su vehículo de forma individual, lo cual no solo contribuye a entorpecer la red vial, sino que también aumenta las emisiones provenientes de la flotilla al ambiente.

Actualmente se está impulsando el uso de automóviles eléctricos, los cuales no utilizan combustibles fósiles y aunque contribuyen de manera indirecta mediante el consumo eléctrico, generan un menor impacto. Sin embargo estos autos aún son bastante costosos y pese a los beneficios que se otorgan para promover su uso, es probable que aún falte algún tiempo antes de que se generalicen.

Para calcular las emisiones provenientes de las fuentes móviles, se hace uso de la información de combustible vendido en el cantón de Heredia provista por la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE) a través del CINPE. Este consumo reportado por RECOPE corresponde al combustible utilizado para autos en el cantón para el año de estudio.

La Tabla 28 muestra así el consumo de combustibles por tipo de combustible para su uso en fuentes móviles así como las respectivas emisiones de CO₂e generadas por este para el cantón de Heredia.

De la Tabla se confirma que, en efecto, la flotilla vehicular genera un gran aporte en las emisiones de CO₂e del cantón siendo que libera 188 426,27 ton CO₂e/año, la mayoría proveniente de la emisión directa de CO₂ como producto de la combustión del combustible, y en menor medida aunque no por ello menos importante de la emisión de óxido nitroso y metano como subproductos de la misma reacción.

Tabla 28 Consumo de combustible por tipo y emisiones de CO₂e (ton/año) proveniente de las fuentes móviles para el cantón de Heredia, 2017.

Mes	Consumo de Combustible (m3)			TOTAL (m³)
	Diesel 50	Gasolina Plus 91 (Regular)	Gasolina Súper	
Enero	2 336	1 421	2 043	5 800
Febrero	2 486	1 323	1 919	5 728
Marzo	3 095	1 669	2 328	7 092
Abril	2 447	1 474	2 029	5 950
Mayo	2 638	1 462	2 155	6 255
Junio	2 892	1 662	2 179	6 733
Julio	2 472	1 561	2 129	6 162
Agosto	2 989	1 710	2 441	7 140
Septiembre	2 412	1 488	2 130	6 030
Octubre	2 534	1 424	2 045	6 003
Noviembre	2 726	1 720	2 449	6 895
Diciembre	2 431	1 611	2 398	6 440

TOTAL (m ³ /año)	31 458	18 525	26 245	76 228
Consumo Total Anual (L/año)				
	31 458 000	18 525 000	26 245 000	76 228 000
Emisiones de GEI (kg/año)				
CO2	82 199,75	41 329,28	58 552,60	182 081,62
	754,00			
CH4	4 687,24	16 802,18	23 804,22	45 293,63
N2O	4 844,53	5 242,58	7 427,34	17 514,44
Emisiones de CO2e (ton/año)				
CO2	82 199,75	41 329,28	58 552,60	182 081,62
CO2 eq del CH4	98,43	352,85	499,89	951,17
CO2 eq del N2O	1 501,80	1 625,20	2 302,47	5 429,48
CO2 eq Total	83 799,99	43 307,32	61 354,96	188 462,27

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

También se puede observar que el consumo anual de Diesel es el mayor, generando por ende la mayor cantidad de emisiones con 83 799,99 ton CO₂e/año seguido de la gasolina super y la regular.

9. Emisiones Totales De Co₂E Para El Cantón De Heredia

En cada una de las secciones anteriores se ha detallado las fuentes de emisión para cada tipo en cuestión, habiéndose explicado las emisiones por consumo eléctrico, uso de refrigerantes,

transporte no convencional, combustibles para cocción, sector agropecuario, desechos sólidos, aguas residuales, fuentes fijas y móviles.

Para cada caso se explicó el origen de las fuentes, su posible impacto sobre el ambiente, las particularidades a considerar para cada una de las categorías y se presentó el resultado de las emisiones de CO₂e correspondientes incluso desglosado por categorías cuando resultase necesario o conveniente.

Se procede ahora a presentar las emisiones totales de CO₂e para el cantón de Heredia, las cuales corresponden a la sumatoria de cada uno de los aportes de todas las categorías hasta aquí analizadas.

De esta manera, la Tabla 29 muestra el resumen de las emisiones totales de CO₂e por categoría de emisión con sus respectivos desgloses para el cantón de Heredia.

Así mismo la Tabla 30 resume las emisiones totales de CO₂e por categoría de emisión con sus pesos porcentuales y la Figura 26 muestra la distribución porcentual de las emisiones totales por categorías de emisión para el cantón.

De las Tablas y Figura podemos ver que en resumen para el cantón de Heredia el inventario de GEI muestra que se emiten para todo el cantón un total de 271 315,02 ton CO₂e/año, de las cuales el 69,46 % provienen de las fuentes móviles, de manera que la flotilla vehicular representa el mayor reto en la disminución de las emisiones para el cantón.

El consumo eléctrico es la segunda categoría que mayores emisiones libera con un total de 31 167,60 ton CO₂e/año para un 11,49 % del total. De manera que una adecuada estrategia de concientización para disminuir el consumo eléctrico, junto con la implementación de tecnologías más eficientes pueden contribuir con la disminución de las emisiones de esta categoría.

Tabla 29. Resumen de las emisiones totales de CO₂e por categoría de emisión para el cantón de Heredia, 2017.

Categoría de Emisión	Emisión de CO₂e (ton/año)
Consumo Eléctrico	31 167,60

Residencial	8 279,25
Industrial	10 043,81
General	12 844,54
Uso de Refrigerantes	26 972,32
Aires Acondicionados	23 783,32
Refrigeración comercial	2 809,88
Congelamiento	201,97
Extintores	177,16
Transporte No Convencional	1 008,23
Ferrovionario	1 008,23
Combustibles para Cocción	5 749,84
Sector agropecuario	5 761,36
Ganado Vacuno	3 131,41
Otros Tipos de Ganado	100,67
Gestión de Estiércol	71,84
Uso de Suelo por Cultivos	2 457,44
Manejo de Desechos Sólidos	246,47
Aguas Residuales	3 067,00
Residenciales	2 241,94
Industriales	64,70
Comerciales	760,36
Fuentes Fijas	8 879,92

Fuentes Móviles	188 462,27
Total	271 315,02

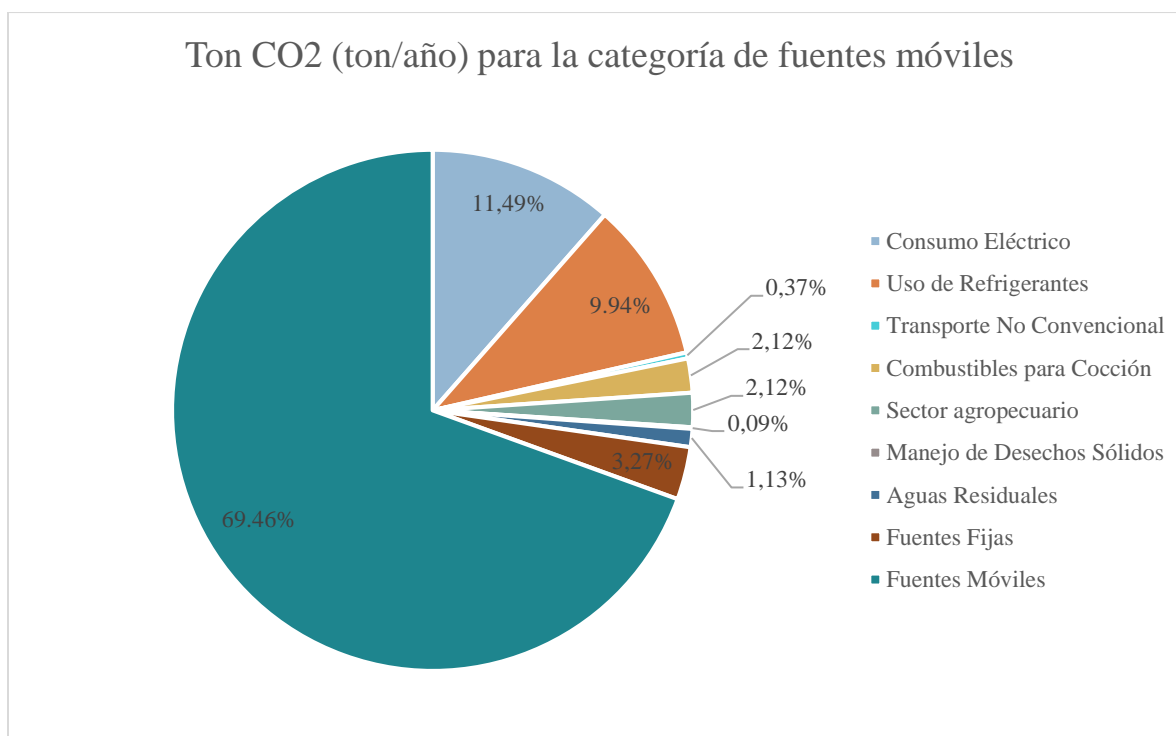
Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Tabla 30. Resumen de las emisiones totales de CO₂e por categoría de emisión con sus respectivos pesos porcentuales para el cantón de Heredia, 2017.

Categoría de Emisión	Emisión de CO₂e (ton/año)	Porcentaje (%)
Consumo Eléctrico	31 167,60	11,49
Uso de Refrigerantes	26 972,32	9,94
Transporte No Convencional	1 008,23	0,37
Combustibles para Cocción	5 749,84	2,12
Sector agropecuario	5 761,36	2,12
Manejo de Desechos Sólidos	246,47	0,09
Aguas Residuales	3 067,00	1,13
Fuentes Fijas	8 879,92	3,27
Fuentes Móviles	188 462,27	69,46
Total	271 315,02	100,00

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

Figura 26. Distribución porcentual de las emisiones totales por categorías de emisión para el cantón de Heredia, 2017.



Fuente: Laboratorio de análisis ambiental

De las restantes categorías de emisión, los refrigerantes representan un porcentaje de 9,94 %, las fuentes fijas un 3,27 % seguido del sector agropecuario y combustibles para cocción (2,12 % cada uno), aguas residuales (1,13 %), transporte no convencional (0,37 %) y manejo de desechos sólidos (0,09 %).

Para cada una de estas categorías se pueden establecer políticas de reducción y mitigación con base en la información obtenida del inventario para cada categoría, considerando las particularidades de cada categoría así como las características propias del cantón.

10. Metodología De Cálculo De Las Emisiones GEI

Los inventarios de emisiones presentan un resumen de las emisiones calculadas por gas de efecto invernadero para cada categoría de emisión. Para que los datos sean comparables, las emisiones deben ser expresadas en una misma base, por lo que se utilizan toneladas métricas de CO₂ equivalente. Para ello se utiliza el potencial de calentamiento global (PCG) que le corresponde a cada GEI y que indica la medida respecto al dióxido de carbono, de la capacidad de cada gas

para retener el calor en la atmósfera. Tanto los valores de factores de emisión como PCG se toman principalmente del IMN (2018) o en su defecto de la IPCC (2006). El Anexo 1 muestra los valores de PCG provistos por el IMN (2018).

10.1 Metodología Para Estimar Las Emisiones De Fuentes De Área

10.1.1 Emisiones Por Consumo De Electricidad

Los datos de consumo eléctrico para el cantón de Heredia fueron suministrados por la ESPH para el año base del inventario. Se clasificó el consumo respetando la misma clasificación provista por la ESPH en consumo residencial, industrial y general, el cual incluye el consumo comercial y el alumbrado público.

Para el cálculo de las emisiones para esta categoría se utiliza la siguiente ecuación de la IPCC (2006):

$$\text{Ton. CO}_2\text{e al año} = \frac{\text{DA} \cdot \text{FE}}{1000}$$

Donde:

DA = Dato de actividad (kWh/mes).

FE = Factor de emisión (kg CO₂e/kWh).

En este caso el factor de emisión se toma del IMN (2018) y para el año 2017 corresponde a 0,0754 kg CO₂e/kWh. El cuadro del IMN que muestra los factores de emisión para esta categoría se muestra en el Anexo 2.

Es importante mencionar que la ESPH reporta tener equipos que utilizan hexafluoruro de azufre como aislante. Para estos, el potencial de emisiones se calcula con la masa de hexafluoruro de azufre y el PCG correspondiente. Estas sin embargo se consideran emisiones potenciales, pero no se contabilizan ya que la ESPH en sus revisiones periódicas no reporta fugas del gas en sus equipos.

10.1.2 Emisiones Por Uso De Refrigerantes En Comercios

Para realizar la estimación de emisiones por uso de refrigerantes en comercios, se elaboró una base de datos, que permita conocer con información actualizada obtenida a través de una encuesta, la frecuencia y cantidad con que son utilizados los refrigerantes en sistemas de aires acondicionados, refrigeración comercial, congeladores y extintores.

Para esto se plantearon tres etapas:

a) Planeamiento técnico preliminar, grupos de trabajo y logística

Con base en la cantidad de comercios registrados en la oficina de patentes de la Municipalidad y la base de datos de estos provista, se realizó el cálculo estadístico para obtener la cantidad necesaria para una muestra del 3 % de significancia para los establecimientos del cantón. Dicha muestra corresponde a 183 establecimientos de un total de 6 096 establecimientos registrados. Además las patentes comerciales se clasificaron por distrito en 12 categorías: Alimentos y bebidas (1), Combustibles y lubricantes (2), Educación (3), Electrónicos (4), Industria (5), Laboratorios (6), Otros (7), Salud (8), Servicios (9), Call Centers (10), Servicios con alimentación y bebida (11), Talleres de enderezado y pintura (12), cuyo propósito es dividir a los comercios en categorías compatibles con usos similares para los refrigerantes.

De esta manera con los valores porcentuales por categoría para cada distrito así como los valores porcentuales de patentes por distrito respecto al total de comercios del cantón, los 183 establecimientos se separan de manera proporcional por distrito y categoría, de manera que se mantenga la representatividad de la muestra con los comportamientos observados en cada distrito del cantón. La selección de los comercios encuestados fue completamente aleatoria.

b) Obtención de los datos de campo

Posterior a la clasificación de los comercios y la selección de la muestra, 6 funcionarios del laboratorio visitaron cada establecimiento para aplicar el instrumento de la encuesta, el cual se puede revisar en el Anexo 3.

La recolección de la información se realizó de manera personal mediante entrevistas con los representantes de los locales comerciales. Además la Municipalidad de Heredia facilitó una carta solicitando la colaboración de los patentados para brindar la información requerida para la cuantificación y análisis de las emisiones generadas.

c) Preparación de la información en digital

Posterior a la recolección de datos mediante las encuestas, se procede a clasificar y ordenar la información generada. En este caso para los establecimientos que no indicaban el tipo o cantidad de refrigerante se procedía de la siguiente manera:

-Si un equipo registrado no cuenta con la información de tipo o cantidad de refrigerante, se utiliza la información de otro equipo de la misma marca y modelo, o en ausencia del modelo, el peor escenario de tipo y cantidad de refrigerante para dicha marca.

-Si no se cuenta con la información de la marca o esta es única, se supone para dicho equipo el refrigerante de uso más común para la categoría, así como el peor escenario en cantidad de refrigerante la categoría por distrito.

-Si no se cuenta con información en la categoría dada, se supone el uso del refrigerante más común para el distrito y el peor escenario en cuanto a cantidad de refrigerante para el mismo, y solo si no hubiera información siguiendo este orden se tomaría el peor escenario para el cantón.

Los refrigerantes más comúnmente utilizados son mezclas de HFC o PFC, por lo que para determinar su composición y calcular las emisiones debido a cada uno de sus componentes se utilizó la Tabla 7.8 de la IPCC (2006) la cual se muestra en el Anexo 4. De igual manera el índice de emisión anual utilizado para calcular la masa de refrigerante que fuga por año de los equipos se toma de la Tabla 7.9 de la IPCC (2006) la cual se muestra en el Anexo 5. Para este último se seleccionó la categoría de “Aire acondicionado residencial y comercial incluyendo bombas de calor” para aires acondicionados y “Refrigeración comercial mediana y grande” para refrigeradores. En ambos casos se parte del supuesto de que Costa Rica es un país en desarrollo de manera que según las indicaciones de la Tabla corresponde utilizar el mayor valor del índice. En cuanto al cálculo para congeladores se utiliza como índice de emisión anual un 15 % según se indica para el método N1 de la IPCC (2006) para congeladores.

Finalmente los potenciales de calentamiento global para cada uno de los refrigerantes encontrados en los equipos o mezclas se muestran en el Anexo 6, y se toman del Informe sobre Cambio Climático de la IPCC (2007).

Para calcular las emisiones debido al uso de refrigerantes, primero se calcula la masa de cada tipo de refrigerante presente en las mezclas, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006):

$$\text{Masa}_{\text{refrigerante}} = \frac{\% \text{ Composición}_{\text{refrigerante}}}{100} \cdot \text{Carga del Refrigerante} \cdot \frac{k}{100}$$

Donde:

$\% \text{ Composición}_{\text{refrigerante}}$ = porcentaje de refrigerante en la mezcla (%).

Carga del Refrigerante = masa del refrigerante contenida en el equipo (kg).

k = índice de emisión anual (% carga inicial/año).

Luego para el cálculo de las emisiones de se tiene la siguiente ecuación (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006):

$$\text{Ton. CO}_2\text{e al año} = \frac{\text{Masa}_{\text{refrigerante}} \cdot \text{PCG}_{\text{refrigerante}}}{1000}$$

Donde:

$\text{Masa}_{\text{refrigerante}}$ = Masa de cada componente de refrigerante emitida (kg).

$\text{PCG}_{\text{refrigerante}}$ = Potencial de calentamiento global asociado a cada tipo de refrigerante.

Finalmente con las masas de CO₂e obtenidas para cada distrito y equipo en cuestión se estima la masa para la totalidad del cantón de la siguiente manera:

$$\text{Ton. CO}_2\text{e al año}_{\text{cantón}} = \frac{\text{Establecimiento que usan refrigerante}_{\text{cantón}} \cdot \text{Ton. CO}_2\text{e al año}_{\text{distrito}}}{\text{Establecimiento que usan refrigerante}_{\text{distrito}}}$$

Para esta última ecuación los establecimientos que usan refrigerante en el cantón se obtienen con el porcentaje de establecimientos que usan refrigerante en la muestra y el total de establecimientos del cantón.

En cuanto al cálculo de las emisiones para extintores de uso comercial, se supone que la totalidad del extintor va a ser liberado a la atmósfera y por ende toda la masa aporta al inventario directamente como dióxido de carbono. Para este caso el factor de emisión es de 1.

10.1.3 Emisiones Por Transporte No Convencional

Para el caso del transporte ferroviario, se solicitó la información sobre el tipo y consumo de combustible al INCOFER. Una vez obtenida la información se utilizan los factores de emisión para CO₂, CH₄ y N₂O por el uso de combustibles provistos por el IMN (2018). Específicamente considerando que el tren usa Diesel como combustible se utiliza la categoría de “Diesel sin catalizador para transporte terrestre”. Las tablas con estos factores de emisión se muestran en los Anexos 7, 8 y 9.

10.1.4 Emisiones Por Uso De Combustibles Para Cocción

Los datos de combustible para cocción se obtienen a partir de la misma encuesta realizada para obtener la información sobre el uso de refrigerantes. Los datos deben encontrarse en L/año de manera que cuando corresponde se realizan las conversiones correspondientes y finalmente se utiliza el FE y PCG para calcular las emisiones bajo el supuesto de que el gas GLP que se utiliza reacciona al 100 % en la reacción de combustión que se lleva a cabo para la cocción.

10.1.5 Emisiones Del Sector Agropecuario

Para el cálculo de las emisiones del sector agropecuario, se solicita la información sobre la cantidad de cabezas de ganado (vacuno y de otros tipos) así como hectáreas sembradas de diversos cultivos en el cantón de Heredia al INEC.

Con la información provista y segregada según los requerimientos, se utilizan los factores de emisión y PCG correspondientes a los GEI provistos por el IMN (2018) para cada tipo de ganado y cultivo.

Los Anexos 10, 11 12 y 13 presentas los factores de emisión para las distintas categorías del sector agropecuario provistos por el IMN (2018).

10.1.6 Emisiones Por Manejo De Desechos Sólidos

Para calcular las emisiones procedentes del manejo de desechos sólidos, la Municipalidad de Heredia facilitó la información del total de toneladas de residuos generadas en el cantón por mes para el año 2017.

Así mismo del estudio de caracterización y composición de residuos sólidos del cantón de Heredia (Centro de Productividad Nacional, 2012) se toma la composición porcentual de los residuos por tipo de residuos, lo que permite estimar cuánto del total de residuos generados corresponde a cada tipo de residuos según su nivel de biodegradabilidad.

Para calcular las emisiones provenientes del manejo de desechos sólidos la IPCC (2006) propone calcular primero la masa de carbono orgánico degradable disuelto depositado mediante la siguiente ecuación:

$$DDOC_m = W \cdot DOC \cdot DOC_f \cdot MCF$$

Donde:

W = masa de desechos depositados (ton)

DOC = carbono orgánico degradable durante el año de deposición (fracción)

DOC_f = fracción de DDOC_m que puede descomponerse (fracción)

MCF = fracción de corrección de CH₄ para la descomposición aeróbica durante el año de deposición (fracción)

Luego se realiza el cálculo del potencial de generación de metano con la siguiente ecuación:

$$L_o = \text{DDOC}_m \cdot F \cdot \frac{16}{12}$$

Donde:

L_o = potencial de generación de CH_4 .

DDOC_m = masa del DOC disuelto depositado.

F = fracción de CH_4 en el gas de vertedero generado.

16/12 = cociente de pesos moleculares CH_4/C .

Y finalmente se calculan las emisiones de CO_2e según se indica a continuación:

$$\text{Ton. CO}_2\text{e al año} = \frac{L_o \cdot \text{PCG}}{1000}$$

Donde:

L_o = potencial de generación de CH_4 .

PCG = potencial de calentamiento global del metano.

De las ecuaciones anteriores, los datos correspondientes al DOC se toman de la Tabla 2.4 de la IPCC (2006) usando el porcentaje en base seca. La Tabla en cuestión se presenta en el Anexo 14. Además el MCF se toma de la categoría “sitios semiaeróbicos gestionados de eliminación de desechos sólidos” de la Tabla 3.1 de la IPCC (2006) la cual se muestra en el Anexo 15.

10.1.7 Emisiones Por Aguas Residuales

Para el cálculo de las emisiones por aguas residuales se realizó una división de las mismas en tres categorías: domésticas, industriales y comerciales. las aguas residenciales se utilizan dos cálculos similares pero ligeramente distintos para las aguas tratadas por la ESPH y las aguas vertidas sin tratar, ambos métodos propuesto por la IPCC (2006).

El primero para las plantas de tratamiento de la ESPH consiste en utilizar la capacidad máxima de producción de metano (B_0) la cual se toma de la Tabla 6.2 de la IPCC y que muestra en el Anexo 16 así como el factor de corrección de metano (MCF) tomado de la Tabla 6.3 de la IPCC (2006) y mostrada en el Anexo 17, el cual varía según el tipo de tratamiento, para obtener un factor de emisión, el cual luego junto con los valores de DBO y caudal provistos por la ESPH se utilizan para calcular las emisiones de dióxido de carbono equivalente.

Para el caso de las plantas de la ESPH, cuatro de las cinco son aerobias. De estas tres son bien gestionadas, por lo que su MCF según se puede apreciar de la Tabla mostrada en el Anexo 17 corresponde a 0 y por ende no generan emisiones, mientras que la cuarta tiene en algunos trimestres sobrecargas que ocasionan que se utilice un MCF de 0,3. La quinta planta es facultativa y para esta se utiliza un MCF de 0,5.

Para estimar las emisiones se usan las siguientes ecuaciones de la IPCC (2006)

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \text{kg DBO/año} \cdot \text{MCF} \cdot B_0$$

Donde:

MCF = factor de corrección de metano.

B_0 = capacidad máxima de producción de metano

Y luego se obtiene las emisiones de CO_2e con la siguiente ecuación:

$$\text{Ton. CO}_2\text{e al año} = \frac{\text{Emisiones de CH}_4 \cdot \text{PCG}}{1000}$$

Donde:

PCG = potencial de calentamiento global del metano

Por otro lado para las aguas domésticas no tratadas, el procedimiento de cálculo y la metodología es la misma que la utilizada con las plantas de la ESPH, la diferencia radica en que como se desconocen los caudales y DBO de estas aguas, se opta por utilizar la población no atendida por la ESPH, junto con el tipo de tratamiento recibido y una estimación de la DBO per cápita dada por el mismo método de la IPCC (2006) como base para esta estimación.

Para los cálculos, el factor de corrección de metano se toma de la Tabla 6.3 de la IPCC (2006), tomando la categoría de vertido en mar, ríos y lagos sin tratamiento para la población que no descarga en plantas de tratamiento de la ESPH, supuesto que se hace debido a que se desconoce si estas aguas pasan por algún otro tipo de tratamiento previo a su descarga y utilizando también el valor superior del rango, siendo este el peor escenario.

Así mismo se toma el valor de capacidad máxima producción de metano de la Tabla 6.2 de la IPCC (2006), y finalmente se toma el valor de DBO per cápita de la Tabla 6.4 de la IPCC (2006) para la categoría de Asia, Medio Oriente y América Latina. Dicha Tabla se presenta en el Anexo 18.

De esta manera la principal diferencia con respecto al método anterior es que para obtener el dato de actividad primero se utiliza la población no atendida junto con la DBO per cápita, tal como se muestra en la siguiente ecuación de la IPCC (2006):

$$\text{kg DBO/año} = P \cdot \text{DBO}_{\text{per cápita}} \cdot 0,001 \cdot 365$$

Donde:

P = población que vierte en el sistema.

Después de este punto, el procedimiento es el mismo que el explicado anteriormente para las emisiones de las plantas de la ESPH con la salvedad de que cambian los valores de MCF.

Para las aguas industriales el Ministerio de Salud facilitó un registro con los entes generadores del cantón y la respectiva caracterización de sus aguas. De esta lista, se seleccionaron los establecimientos cuya clasificación CIU corresponde a aguas de tipo especial de acuerdo con el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales (Decreto Ejecutivo N° 33601, 2006). De esta manera para estos entes con los caudales promedio y DQO promedio reportadas se obtiene la masa de DQO anual. Posteriormente se hace uso de los factores de emisión provistos por el IMN (2018) para aguas residuales industriales el cual viene en kg CH₄/kg DQO, de manera que multiplicando el dato de actividad por el factor de emisión y el PCG para el metano se obtienen las toneladas de CO₂e para este tipo de aguas.

En este caso la base de datos no indica el tipo de tratamiento que le da el ente a las aguas, de manera que para efectos del cálculo se utiliza el factor de emisión que presenta el escenario más crítico que corresponde a 0,2 kg CH₄/kg DQO.

El Anexo 19 muestra la Tabla de factores de emisión para aguas residuales industriales provista por el IMN.

Finalmente para las aguas residuales comerciales, se sigue el mismo procedimiento descrito para las aguas industriales, pero los entes considerados para el cálculo de estas emisiones son los reportados en la base de datos del Ministerio de Salud que no estén clasificados como industriales o residenciales.

10.2 Metodología Para Estimar Las Emisiones De Fuentes Fijas

El cálculo de las emisiones de fuentes fijas se realiza haciendo uso de información provista por el Ministerio de Salud donde se detallan los entes generadores que operan hornos y calderas en el cantón, así como el tipo y consumo anual de combustible de los mismos.

Dado que el IMN reporta factores de emisión para diferentes usos y tipos de combustibles (ver Anexos 7, 8 y 9), el cálculo de las emisiones para esta categoría consiste en multiplicar el dato de actividad que corresponde al consumo anual de combustible, por el factor de emisión correspondiente, asegurándose de realizar las conversiones necesarias para la consistencia dimensional. En este caso para emisiones de metano y óxido nitroso, usando Diesel y búnker, los factores utilizados son los de manufactura y construcción o bien comercial e institucional según corresponda al tipo de establecimiento.

10.3 Metodología Para Estimar Las Emisiones De Fuentes Móviles

Para el cálculo de emisiones de fuentes móviles, se utiliza la información facilitada por RECOPE para consumo de combustible para automóviles en el cantón de Heredia. De esta información se obtienen los consumos anuales de combustible por tipo (Diesel, gasolina regular y super).

Luego se utilizan los factores de emisión del IMN (2018) para combustibles considerando el uso de gasolina con catalizador para transporte terrestre y Diesel sin catalizador para transporte

terrestre. Dado que el dato de actividad corresponde al consumo anual de cada tipo de combustible, se procede a multiplicar el dato de actividad por el factor de emisión correspondiente y el PCG para el gas en cuestión y así obtener las emisiones de CO₂e.

10.4 Metodología Para La Estimación De La Incertidumbre

Para la estimación de la incertidumbre se sigue lo indicado en la Metodología para la medición, reporte y verificación de las emisiones, reducciones, remociones y compensaciones de GEI a nivel cantonal para Costa Rica (Vega, 2017). Este establece la elaboración de un cuadro resumen para cada fuente donde se explica brevemente la metodología utilizada así como la confiabilidad de los datos en alta, media o baja según los siguientes criterios:

- Alta: fuentes de emisión donde los datos se obtuvieron de forma directa o son estadísticamente representativos.
- Media: fuentes de emisión cuyos datos se obtuvieron de forma estimada pero bajo supuestos sólidos.
- Baja: fuentes de emisión donde los datos se obtuvieron de estimaciones poco precisas con supuestos inciertos.

Así la Tabla 31 muestra el resumen de las fuentes de emisión con sus metodologías y confiabilidad de los datos utilizados en cada una.

Tabla 31. Estimación de la incertidumbre para el inventario

Sector	Fuente de Emisión	Alcance	Método de cálculo utilizado	Descripción del método	Referencias	Calidad de la información
Fuentes de área	Consumo eléctrico	3	Método de cálculo directo: DA*FE*PCG	Se obtienen los datos de consumo para el cantón de la ESPH. Se realiza la multiplicación de los datos de actividad por factor de emisión y PCG para cada gas. Estos últimos dos tomados del IMN	IPCC 2006-IMN 2018-ESPH 2017	Alta
	Uso de refrigerantes	1	Encuesta y estimación estadística	Se realiza encuesta para determinar el uso de refrigerantes por distrito y se utilizan los resultados muestrales para estimar el uso a nivel cantonal haciendo uso de valores de PCG de la IPCC para los refrigerantes comunes	IPCC 2007-IPCC 2006	Alta
	Transporte no convencional	1	Método de cálculo directo: DA*FE*PCG	Se obtienen los datos de consumo de combustible para el tren del INCOFER. El consumo específico para el cantón de Heredia dado por el INCOFER es resultado de una estimación según indican en el documento con la información. Se realiza la multiplicación de los datos de actividad por factor de emisión y PCG para cada gas. Estos últimos dos tomados del IMN	IPCC 2006 - IMN 2018 - INCOFER 2017	Media
	Combustibles para cocción	1	Encuesta y estimación estadística	Se realiza encuesta para determinar el uso de combustibles para cocción por distrito y se utilizan los resultados muestrales para estimar el uso a nivel cantonal	IPCC 2007-IPCC 2006	Alta
	Sector Agropecuario	1	Método de cálculo directo: DA*FE*PCG	Se utiliza información estadísticamente significativa para el cantón tomada del Censo Agropecuario 2014. Se realiza la multiplicación de los datos de actividad por factor de emisión y PCG para cada gas. Estos últimos tomados del IMN	INEC 2014-IMN 2018-IPCC 2006	Alta
	Desechos sólidos	1	Metodología por DOC según tipos de residuos de la IPCC	Se utiliza la información sobre las toneladas de residuos generadas en el cantón provisto por la Municipalidad. Con datos del estudio de caracterización se clasifican dichos residuos por tipos de residuos agrupando los mismos en categorías provistas por la IPCC. Luego se utiliza la metodología establecida por la IPCC para determinar la fracción de carbono orgánico degradable depositado al año y el potencial de emisión correspondiente para cada tipo de residuo, de manera que las emisiones consideran la degradabilidad del carbono orgánico con base en la naturaleza del residuo en cuestión.	IPCC 2006-Municipalidad 2017	Alta
	Aguas residuales	1	Método de la IPCC para estimación de emisiones en aguas residuales domésticas y cálculo directo para aguas residuales industriales y comerciales: DA*FE*PCG	Para aguas residuales se usa la información de habitantes del Censo Nacional 2011, así como población servida por la ESPH para tratamiento de aguas, y con la DBO per cápita para América Latina, capacidad máxima de producción de metano y factor de corrección de metano según el tipo de tratamiento se calculan las emisiones correspondientes. Para aguas industriales y comerciales se usa información provista por el MS, de donde se obtiene el dato de actividad que corresponde a la DQO anual, y con factores de emisión del IMN se calculan las emisiones. Aquí sin embargo también se realiza un supuesto incierto ya que la fuente no indica el tipo de tratamiento dado a las aguas por lo que se utiliza el factor de emisión más alto para esta categoría reportado por el IMN suponiendo el peor escenario	MINSa 2017-IMN 2018-IPCC 2006-INEC 2011	Media
Fuentes fijas	Hornos y Calderas	1	Método de cálculo directo: DA*FE*PCG	Se utilizan datos provistos por el MS para entes generadores que usan hornos y calderas en el cantón. Se utiliza el consumo anual de combustible reportado por ente como dato de actividad y el tipo de combustible y actividad comercial para escoger el factor de emisión de los provistos por el IMN.	IPCC 2006-MINSa 2017-IMN 2018	Alta
Fuente móviles	Transporte vehicular	1	Método de cálculo directo: DA*FE*PCG	Se utiliza información provista por RECOPE sobre el consumo anual de combustibles para transporte en vehículos, siendo este el dato de actividad y utilizando el tipo de combustible como criterio para escoger el FE de los provistos por el IMN	IPCC 2006-IMN 2018-RECOPE 2017	Media

11. Conclusiones

-La emisión total de CO₂e debido al consumo eléctrico para el cantón corresponde a 31 168 ton CO₂e/año, la mayoría proveniente del consumo general (comercio y alumbrado público), industrial y en menor medida residencial.

-Existe un potencial de emisión de 4 256,6 ton CO₂e por uso de hexafluoruro de azufre en equipos eléctricos para el cantón.

-La emisión total de CO₂e debido al uso de refrigerante para el cantón corresponde a 26 972,32 ton CO₂e/año, donde el mayor aporte a las emisiones proviene del uso de sistemas de aire acondicionado, particularmente en la categoría de zonas francas, seguido de refrigeración principalmente en la categoría de alimentación y bebidas.

-Los distritos que mayor cantidad de emisiones generan debido al uso de sistemas de aire acondicionado son San Francisco con 13 330,04 ton CO₂e/año y Ulloa con 12 182,36 ton CO₂e/año.

-Los distritos que mayor cantidad de emisiones generan debido al uso de refrigerantes corresponden a Mercedes con 825,52 ton CO₂e/año y Heredia con 807,11 ton CO₂e/año.

-El transporte ferroviario emite un total de 1 008,23 ton CO₂e/año considerando solo el consumo de su paso por el cantón, la mayoría producto de las emisiones directas de CO₂ por la combustión del Diesel.

-La emisión total de CO₂e por uso de combustibles para cocción para el cantón corresponde 5 749,84 ton CO₂e/año, donde la categoría que más emisiones aporta es la de alimentación y bebida, y donde el distrito que presenta mayores emisiones es Heredia, seguido de Ulloa, San Francisco Vara Blanca y Mercedes.

-La emisión total de CO₂e producto del sector agropecuario corresponde a 5 761,36 ton CO₂e/año, donde la mayor parte de las emisiones provienen de la fermentación enterita del ganado vacuno y las plantaciones de pastos y otros cultivos, y en menor medida la gestión de estiércol y ganado distinto al vacuno.

-La emisión total de CO₂e debido a la gestión de residuos para el cantón corresponde a 246,47 ton CO₂e/año donde los residuos alimenticios, pañales y papel y cartón generan el principal aporte de emisión.

-La emisión total de CO₂e debido al tratamiento de aguas residuales para el cantón corresponde a 3 067,00 ton CO₂e/año, donde el principal aporte a las emisiones proviene de las aguas residenciales domésticas, particularmente las no tratadas, seguido de las comerciales en menor medida.

-La emisión total de CO₂e debido a las fuentes fijas para el cantón corresponde a 8 879,92 ton CO₂e/año debido principalmente a las emisiones directas de CO₂ producto de la combustión de los combustibles utilizados y en menor medida por el aporte de metano y óxido nitroso.

-La emisión total de CO₂e debido a las fuentes móviles para el cantón corresponde a 188 462,27 ton CO₂e/año, debido principalmente a las emisiones directas de CO₂ producto de la combustión de los combustibles utilizados, principalmente el Diesel que es el que más emisiones genera.

-Las emisiones totales de CO₂e para el cantón de Heredia corresponde a 271 315,02 ton CO₂e/año, de las cuales las fuentes móviles representan el mayor aporte (69,49 %), seguido del consumo eléctrico (11,49 %) y en menor medida las demás categorías.

12. Recomendaciones

-Realizar una segregación del consumo eléctrico por distrito para analizar con mayor precisión cuales distritos concentran la mayor cantidad de emisiones debido a esta categoría de emisión.

-Ampliar el inventario en la categoría de sector agropecuario y uso de suelos para considerar los sumideros debido a la captación de carbono en uso de suelo forestal.

-Realizar una segregación de los residuos generados por distrito para analizar con mayor precisión cuáles distritos aportan mayores emisiones debido a la gestión de desechos sólidos.

-Mantener un monitoreo constante de los equipos eléctricos que utilizan hexafluoruro de azufre, para asegurar que los mismos no presenten fugas.

-Modernizar los equipos de la ESPH que utilicen hexafluoruro de azufre como aislante por equipos que utilicen otros medios aislantes con menor potencial de emisiones o impacto sobre el efecto invernadero y calentamiento global.

-Promover el uso de nuevas tecnologías en aires acondicionados y refrigeración que utilicen refrigerantes con menor PCG tales como el R-600a para uso comercial o amoniaco para uso industrial.

13. Limitaciones

-En lo referente a las emisiones por consumo eléctrico, no se cuenta con la información de consumo para el distrito de Vara Blanca, debido a que la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) que es la que suple la demanda eléctrica en este distrito no tiene la información por distrito, sino por zonas que mezclan distintos distritos, y no cuentan con un método para segregar la información solo para Vara Blanca. Por este motivo el distrito de Vara Blanca no se considera en las emisiones por consumo eléctrico.

-Pese a los esfuerzos por parte del Laboratorio de Análisis Ambiental y la Municipalidad de Heredia por obtener información de zonas francas para el distrito de Ulloa en cuanto al uso de refrigerantes, esto no fue posible. Tanto San Francisco como Ulloa presenta una densidad de zonas francas similar y por este motivo se optó por extrapolar los datos de la zona franca muestreada en San Francisco para Ulloa, y escalarla para la población total de zonas francas en este último distrito. Esto bajo el supuesto de que todas las zonas francas albergan actividades comerciales similares y por ende tiene un uso similar de refrigerantes en sus instalaciones.

14. Bibliografía

- Centro de Productividad Nacional. (2012). *Estudio de Caracterización y Composición de Residuos Sólidos del Cantón Central de Heredia*. Municipalidad de Heredia, Heredia.
- Conde-Álvarez, C., & Saldaña-Zorilla, S. (2007). Cambio climático en America Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Ambiente y desarrollo*, 23(2), 23-30.
- Decreto Ejecutivo N° 41122-MINAE. (6 de Abril de 2018). Oficialización del Programa País Carbono Neutralidad 2.0. *Diario Oficial La Gaceta*.
- Decreto Ejecutivo N° 33601. (Agosto de 2006). Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales. *Diario Oficial La Gaceta*.
- Flores, R., Delgado, F., & Romero, V. (Setiembre-Diciembre de 2012). Aplicaciones del SF6 en la Industria Eléctrica y su Impacto en el Medio Ambiente. *Ingeniería*, 16(3), 229-241.
- Herrera, J., Rojas, J. F., Rodríguez, S., Rojas, A., & Beita, V. H. (Diciembre de 2013). Determinación de emisiones de metano en tres embalses hidroeléctricos en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 42(2), 27-36.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2018). *Factores de Emisión de Gases de Efecto Invernadero*. San José, Costa Rica.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2011). Censo Nacional. Costa Rica.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2014). VI Censo Nacional Agropecuario. Costa Rica.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory* (Vol. Volume 1: General Guidance and Reporting). Japón: IGES.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Climate Change 2007 The Physical Science Basis*. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *Climate Change 2015 Synthesis Report*. Ginebra, Suiza: IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). *Global Warming of 1,5 C*. Suiza: IPCC.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2019). *Plan Nacional de Descarbonización*. Recuperado el marzo de 2019, de <https://minae.go.cr/images/pdf/Plan-de-Descarbonizacion-1.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Energía; Instituto Meteorológico Nacional. (2012). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Absorción de Carbono 2012*. San José, Costa Rica: MINAE, IMN, GEF, PNUD.
- Ministerio de Ambiente y Energía; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). *Acciones Implementadas por Costa Rica para la preservación de la capa de Ozono*. Recuperado el marzo de 2019, de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: http://www.undp.org/content/dam/costa_rica/docs/undp_cr_ozono_2014.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). *PNUD Costa Rica*. Recuperado el 4 de Marzo de 2019, de www.cr.undp.org/content/costarica/es/home/ourwork/environmentandenergy/in_depth.html

- Refinadora Costarricense de Petróleo. (29 de agosto de 2018). *Gas Licuado de Petróleo (GLP)*. Recuperado el abril de 2019, de RECOPE: <https://www.recope.go.cr/productos/calidad-y-seguridad-de-productos/gas-licuado-de-petroleo-glp/>
- Sistema Nacional de Información Territorial & ESRI. (2018). Mapa distrital del cantón de Heredia. *Mapa*.
- Tubiello, F., Córdor-Golec, R., Salvatore, M., Piersante, A., Federici, S., Ferrara, A., . . . Prospero, P. (2015). *Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Agricultura*. Recuperado el abril de 2019, de FAO: <http://www.fao.org/3/a-i4260s.pdf>
- Vega, J. (2017). *Metodología para la medición, reporte y verificación de emisiones, reducciones, remociones y compensaciones de GEI a nive cantonal para Costa Rica*. San José, Costa Rica: Programa País Carbono Neutralidad.
- Villanueva, R. (2011). *Refrigerantes para aires acondicionados y refrigeración*. San Vicente, Alicante: Editorial Club Universitario.

15. Anexos

Anexo 1. Potenciales de calentamiento global provistos por el IMN (2018).

<i>Gas</i>	<i>Potencial de calentamiento Horizonte: 100 años</i>
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
HFC 134a	1 300
HFC 152a	140
R402a	2 447
R402b	2 150
R404a	3 260
R404B	3 260
R407c	1 526
R410a	1 725
R507	3 300
R508B	10 350
ISCEON MO49	2 230
SF ₆	23 900

Anexo 2. Factores de Emisión para el sector energía por consumo de electricidad dado por el IMN (2018).

<i>Año</i>	<i>Factor de emisión kg CO₂ e/kWh</i>
2017	0,0754
2016	0,0557
2015	0,0381
2014	0,1170
2013	0,1300
2012	0,0771

Anexo 3. Instrumento de la encuesta aplicada a los establecimientos comerciales para recopilar la información referente al uso de refrigerantes y combustibles para cocción en comercios.

Fecha: _____ Distrito: _____

Nombre del encuestador:

—

Actividad comercial (Categoría):

—

Nombre del comercio: _____ N. Patente: _____

Teléfono: _____

Dirección:

—

1. Presenta aires acondicionados: Sí ____ NO ____

Cantidad	Marca	Modelo	Año de compra	Refrigerante	Cantidad de refrigerante

2. Presenta sistemas de refrigeración: Sí____ NO____

Cantidad	Marca	Modelo	Propia o subsidiada	Año de adquisición	Refrigerante	Cantidad de refrigerante	Observaciones (mantenimiento, refrigerantes, desuso)

3. Presenta sistemas de congelación: Sí____ NO____

Cantidad	Marca	Modelo	Propia o subsidiada	Año de adquisición	Refrigerante	Cantidad de refrigerante	Observaciones (mantenimiento, refrigerantes, desuso)

4. Cuenta con extintores de incendios: Sí____ NO____

Cantidad	Tipo de extintor por tipo de fuego (A, B, C, D, F)	Tipo de agente extintor (agua, agua pulverizada, espuma, polvo o dióxido de carbono)	Cantidad de agente extintor (kg)

5. Cuenta con cocina para preparación de alimentos: SÍ____ NO____
6. Combustible que utiliza para cocinar: Leña____ Gas____ Electricidad____
7. Cantidad de combustible consumida por mes (solo para gas y leña):
-
-

Firma del encargado: _____

Anexo 4. Tabla 7.8 de la IPCC (2006) “Mezclas de refrigerantes que pueden contener HFCs y PFCs”.

TABLE 7.8
BLENDS (MANY CONTAINING HFCs AND/OR PFCs)

Blend	Constituents	Composition (%)
R-400	CFC-12/CFC-114	Should be specified ¹
R-401A	HCFC-22/HFC-152a/HCFC-124	(53.0/13.0/34.0)
R-401B	HCFC-22/HFC-152a/HCFC-124	(61.0/11.0/28.0)
R-401C	HCFC-22/HFC-152a/HCFC-124	(33.0/15.0/52.0)
R-402A	HFC-125/HC-290/HCFC-22	(60.0/2.0/38.0)
R-402B	HFC-125/HC-290/HCFC-22	(38.0/2.0/60.0)
R-403A	HC-290/HCFC-22/PFC-218	(5.0/75.0/20.0)
R-403B	HC-290/HCFC-22/PFC-218	(5.0/56.0/39.0)
R-404A	HFC-125/HFC-143a/HFC-134a	(44.0/52.0/4.0)
R-405A	HCFC-22/ HFC-152a/ HCFC-142b/PFC-318	(45.0/7.0/5.5/42.5)
R-406A	HCFC-22/HC-600a/HCFC-142b	(55.0/14.0/41.0)
R-407A	HFC-32/HFC-125/HFC-134a	(20.0/40.0/40.0)
R-407B	HFC-32/HFC-125/HFC-134a	(10.0/70.0/20.0)
R-407C	HFC-32/HFC-125/HFC-134a	(23.0/25.0/52.0)
R-407D	HFC-32/HFC-125/HFC-134a	(15.0/15.0/70.0)
R-407E	HFC-32/HFC-125/HFC-134a	(25.0/15.0/60.0)
R-408A	HFC-125/HFC-143a/HCFC-22	(7.0/46.0/47.0)
R-409A	HCFC-22/HCFC-124/HCFC-142b	(60.0/25.0/15.0)
R-409B	HCFC-22/HCFC-124/HCFC-142b	(65.0/25.0/10.0)
R-410A	HFC-32/HFC-125	(50.0/50.0)
R-410B	HFC-32/HFC-125	(45.0/55.0)
R-411A	HC-1270/HCFC-22/HFC-152a	(1.5/87.5/11.0)
R-411B	HC-1270/HCFC-22/HFC-152a	(3.0/94.0/3.0)
R-411C	HC-1270/HCFC-22/HFC-152a	(3.0/95.5/1.5)
R-412A	HCFC-22/PFC-218/HCFC-142b	(70.0/5.0/25.0)
R-413A	PFC-218/HFC-134a/HC-600a	(9.0/88.0/3.0)
R-414A	HCFC-22/HCFC-124/HC-600a/HCFC-142b	(51.0/28.5/4.0/16.5)
R-414B	HCFC-22/HCFC-124/HC-600a/HCFC-142b	(50.0/39.0/1.5/9.5)
R-415A	HCFC-22/HFC-152a	(82.0/18.0)
R-415B	HCFC-22/HFC-152a	(25.0/75.0)
R-416A	HFC-134a/HCFC-124/HC-600	(59.0/39.5/1.5)
R-417A	HFC-125/HFC-134a/HC-600	(46.6/50.0/3.4)
R-418A	HC-290/HCFC-22/HFC-152a	(1.5/96.0/2.5)
R-419A	HFC-125/HFC-134a/HE-E170	(77.0/19.0/4.0)
R-420A	HFC-134a/HCFC-142b	(88.0/12.0)
R-421A	HFC-125/HFC-134a	(58.0/42.0)
R-421B	HFC-125/HFC-134a	(85.0/15.0)
R-422A	HFC-125/HFC-134a/HC-600a	(85.1/11.5/3.4)
R-422B	HFC-125/HFC-134a/HC-600a	(55.0/42.0/3.0)
R-422C	HFC-125/HFC-134a/HC-600a	(82.0/15.0/3.0)
R-500	CFC-12/HFC-152a	(73.8/26.2)
R-501	HCFC-22/CFC-12	(75.0/25.0)
R-502	HCFC-22/CFC-115	(48.8/51.2)
R-503	HFC-23/CFC-13	(40.1/59.9)
R-504	HFC-32/CFC-115	(48.2/51.8)
R-505	CFC-12/HCFC-31	(78.0/22.0)
R-506	CFC-31/CFC-114	(55.1/44.9)
R-507A	HFC-125/HFC-143a	(50.0/50.0)
R-508A	HFC-23/PFC-116	(39.0/61.0)
R-508B	HFC-23/PFC-116	(46.0/54.0)
R-509A	HCFC-22/PFC-218	(44.0/56.0)

¹ R-400 can have various proportions of CFC-12 and CFC-114. The exact composition needs to be specified, e.g., R-400 (60/40).

Anexo 5. Tabla 7.9 de la IPCC (2006) “Estimados para carga, vida e índices de emisión para refrigeración y sistemas de aire acondicionado”.

TABLE 7.9 ESTIMATES ¹ FOR CHARGE, LIFETIME AND EMISSION FACTORS FOR REFRIGERATION AND AIR-CONDITIONING SYSTEMS						
Sub-application	Charge (kg)	Lifetimes (years) ²	Emission Factors (% of initial charge/year) ³		End-of-Life Emission (%)	
Factor in Equation	(M)	(d)	(k)	(x)	($\eta_{rec,d}$)	(p)
			Initial Emission	Operation Emission	Recovery Efficiency ⁴	Initial Charge Remaining
Domestic Refrigeration	$0.05 \leq M \leq 0.5$	$12 \leq d \leq 20$	$0.2 \leq k \leq 1$	$0.1 \leq x \leq 0.5$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$0 < p < 80$
Stand-alone Commercial Applications	$0.2 \leq M \leq 6$	$10 \leq d \leq 15$	$0.5 \leq k \leq 3$	$1 \leq x \leq 15$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$0 < p < 80$
Medium & Large Commercial Refrigeration	$50 \leq M \leq 2000$	$7 \leq d \leq 15$	$0.5 \leq k \leq 3$	$10 \leq x \leq 35$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$50 < p < 100$
Transport Refrigeration	$3 \leq M \leq 8$	$6 \leq d \leq 9$	$0.2 \leq k \leq 1$	$15 \leq x \leq 50$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$0 < p < 50$
Industrial Refrigeration including Food Processing and Cold Storage	$10 \leq M \leq 10,000$	$15 \leq d \leq 30$	$0.5 \leq k \leq 3$	$7 \leq x \leq 25$	$0 < \eta_{rec,d} < 90$	$50 < p < 100$
Chillers	$10 \leq M \leq 2000$	$15 \leq d \leq 30$	$0.2 \leq k \leq 1$	$2 \leq x \leq 15$	$0 < \eta_{rec,d} < 95$	$80 < p < 100$
Residential and Commercial A/C, including Heat Pumps	$0.5 \leq M \leq 100$	$10 \leq d \leq 20$	$0.2 \leq k \leq 1$	$1 \leq x \leq 10$	$0 < \eta_{rec,d} < 80$	$0 < p < 80$
Mobile A/C	$0.5 \leq M \leq 1.5$	$9 \leq d \leq 16$	$0.2 \leq k \leq 0.5$	$10 \leq x \leq 20^5$	$0 < \eta_{rec,d} < 50$	$0 < p < 50$

¹ Based on information contained in UNEP RTOC Reports (UNEP-RTOC, 1999; UNEP-RTOC, 2003)

^{2,3} Lower value for developed countries and higher value for developing countries

⁴ The lower threshold (0%) highlights that there is no recovery in some countries.

⁵ Schwarz and Harnisch (2003) estimates leakage rates of 5.3% to 10.6%; these rates apply only to second generation mobile air conditioners installed in European models in 1996 and beyond.

Anexo 6. Potenciales de calentamiento global para los principales refrigerantes de uso comercial, tomados del Informe de Cambio Climático de la IPCC (2007).

Refrigerante	PCG
CFC-12	10900
HCFC-22	1810
HFC-152a	124
HFC-125	3500
HC-290	3,3
HFC-143a	4470
HFC-134a	1430
HC-600a	3
HFC-32	675
R-744	1
HCFC-123	77

Anexo 7. Factores de emisión de CO₂ por uso de combustibles, tomado del IMN (2018).

<i>Combustible</i>	<i>Factor de emisión (kg CO₂/L combustible)</i>	<i>Incertidumbre</i>	
		<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>
Gasolina	2,231	4,59%	5,89%
Diesel	2,613	3,12%	3,19%
Búnker	3,101	3,57%	3,65%
Queroseno	2,541	3,83%	4,10%
LPG	1,611	8,41%	9,16%
Gasolina de avión	2,227	7,94%	23,50%
Jet fuel	2,505	4,68%	5,32%

Anexo 8. Factores de emisión de CH₄ por uso de combustibles, tomado del IMN (2018).

<i>Fuente/Combustible</i>	<i>Factor de emisión g CH₄/ L Combustible</i>	<i>Incertidumbre</i>	
		<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>
Generación electricidad/Diesel	0,122	71%	191%
Generación electricidad/Bunker	0,138	78%	191%
Manufatura y construcción/ Gasolina	0,111	71%	190%
Manufatura y construcción/ Diesel	0,122	71%	191%
Manufatura y construcción/ Bunker	0,138	78%	191%
Manufatura y construcción/LPG	0,027	72%	179%
Comercial e institucional/ Gasolina	0,346	72%	179%
Comercial e institucional/Diesel	0,382	71%	177%
Comercial e institucional/Bunker	0,433	72%	177%
Comercial e institucional/LPG	0,139	72%	179%
Residencial y agrícola/Gasolina	0,346	72%	179%
Residencial y agrícola/Diesel	0,382	71%	177%
Residencial y agrícola/Bunker	0,433	72%	177%
Residencial y agrícola/LPG	0,139	72%	179%
Transporte terrestre/gasolina/sin catalizador	1,176	74%	201%
Transporte terrestre/gasolina/ con catalizador	0,907	74%	204%
Transporte terrestre/diesel/sin catalizador	0,149	62%	126%
Transporte terrestre/LPG	1,5835	ND	ND
Todas la fuentes de combustión estacionaria/Biodiesel	0,099	ND	ND

Anexo 9. Factores de emisión de N₂O por uso de combustibles, tomado del IMN (2018).

<i>Fuente/Combustible</i>	<i>Factor de emisión g N₂O / L Combustible</i>	<i>Incertidumbre</i>	
		<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>
Generación electricidad/Diesel	0,02442	71%	190%
Generación electricidad/Bunker	0,02769	71%	190%
Manufactura y construcción/ Gasolina	0,02211	71%	190%
Manufactura y construcción/ Diesel	0,02442	71%	190%
Manufactura y construcción/ Bunker	0,02769	71%	190%
Manufactura y construcción/LPG	0,002745	72%	179%
Comercial e institucional/ Gasolina	0,02211	71%	190%
Comercial e institucional/Diesel	0,02442	71%	190%
Comercial e institucional/Bunker	0,02769	71%	190%
Comercial e institucional/LPG	0,002745	72%	179%
Residencial y agrícola/Gasolina	0,02211	71%	190%
Residencial y agrícola/Diesel	0,02442	71%	190%
Residencial y agrícola/Bunker	0,02769	71%	190%
Residencial y agrícola/LPG	0,002745	72%	179%
Transporte terrestre/gasolina/sin catalizador	0,116	48%	204%
Transporte terrestre/gasolina/ con catalizador	0,283	71%	173%
Transporte terrestre/diesel/sin catalizador	0,154	70%	175%
Transporte terrestre/LPG	0,0051	ND	ND
Todas la fuentes de combustión estacionaria/Biodiesel	0,0198	ND	ND

Anexo 10. Factores de emisión para ganado vacuno por fermentación entérica, provistos por el IMN (2018).

<i>Tipo</i>	<i>Carne</i>	<i>Leche</i>	<i>Doble propósito</i>
<i>kg CH₄ /cabeza año</i>			
Terneros	19,48	20,00	16,81
Hembras en crecimiento	63,61	48,69	41,91
Machos en crecimiento	66,25	---	70,16
Hembra adulta	85,80	85,00	85,67
Macho adulto	111,70	111,70	111,70

Anexo 11. Factores de emisión para otros tipos de ganado, provistos por el IMN (2018).

<i>Especie</i>	<i>Factor de emisión kg CH₄/cabeza/año</i>
Búfalos	55
Ovejas	5
Cabras	5
Caballos	18
Cerdos	1

Anexo 12. Factores de emisión por gestión del estiércol, provistos por el IMN (2018).

<i>Especie</i>	<i>Factor de emisión kg CH₄/cabeza/año</i>
Ganado	1,0
Caballos	1,64
Cabras	0,17
Cerdos	1,0
Aves de corral	0,02

Anexo 13. Factores de emisión por uso del suelo para diferentes cultivos, provistos por el IMN (2018).

<i>Cultivo</i>	<i>Factor de emisión kg N₂O/ha/año</i>
Caña de azúcar (123 kg N/ha)	4,81 ± 1,73
Café sin sombra (200 kg N/ha)	2,92 ± 0,13
Café con sombra	7,78
Banano (300 kg N/ha)	4,85 ± 0,52
Plátano	4,60
Cebolla	2,61
Papa	7,86
Pastos	
Estrella africana	4,94
Kikuyo (200 kg N/ha)	2,43 ± 0,05
Kikuyo sin fertilizar	1,22 ± 0,02
Ratana	3,55
Jaragua	5,33

Nota: Para otros cultivos usar 1% del fertilizante nitrogenado aplicado.

Anexo 14. Tabla 2.4 de la IPCC (2006) “Contenido estándar de materia seca, contenido de DOC, contenido total de carbón y fracción de carbón fósil de diferentes componentes de desechos sólidos municipales”.

MSW component	Dry matter content in % of wet weight ¹	DOC content in % of wet waste		DOC content in % of dry waste		Total carbon content in % of dry weight		Fossil carbon fraction in % of total carbon	
		Default	Range	Default	Range ²	Default	Range	Default	Range
Paper/cardboard	90	40	36 - 45	44	40 - 50	46	42 - 50	1	0 - 5
Textiles ³	80	24	20 - 40	30	25 - 50	50	25 - 50	20	0 - 50
Food waste	40	15	8 - 20	38	20 - 50	38	20 - 50	-	-
Wood	85 ⁴	43	39 - 46	50	46 - 54	50	46 - 54	-	-
Garden and Park waste	40	20	18 - 22	49	45 - 55	49	45 - 55	0	0
Nappies	40	24	18 - 32	60	44 - 80	70	54 - 90	10	10
Rubber and Leather	84	(39) ⁵	(39) ⁵	(47) ⁵	(47) ⁵	67	67	20	20
Plastics	100	-	-	-	-	75	67 - 85	100	95 - 100
Metal ⁶	100	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
Glass ⁶	100	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
Other, inert waste	90	-	-	-	-	3	0 - 5	100	50 - 100

¹ The moisture content given here applies to the specific waste types before they enter the collection and treatment. In samples taken from collected waste or from e.g., SWDS the moisture content of each waste type will vary by moisture of co-existing waste and weather during handling.

² The range refers to the minimum and maximum data reported by Dehoust *et al.*, 2002; Gangdonggu, 1997; Guendehou, 2004; JESC, 2001; Jager and Blok, 1993; Wütrdinger *et al.*, 1997; and Zeschmar-Lahl, 2002.

³ 40 percent of textile are assumed to be synthetic (default). Expert judgement by the authors.

⁴ This value is for wood products at the end of life. Typical dry matter content of wood at the time of harvest (that is for garden and park waste) is 40 percent. Expert judgement by the authors.

⁵ Natural rubbers would likely not degrade under anaerobic condition at SWDS (Tsuchii *et al.*, 1985; Rose and Steinbüchel, 2005).

⁶ Metal and glass contain some carbon of fossil origin. Combustion of significant amounts of glass or metal is not common.

Anexo 15. Tabla 3.1 de la IPCC (2006) “Clasificación de sitios de deposición de desechos sólidos y factor de corrección de metano (MCF)”.

TABLE 3.1 SWDS CLASSIFICATION AND METHANE CORRECTION FACTORS (MCF)	
Type of Site	Methane Correction Factor (MCF) Default Values
Managed – anaerobic ¹	1.0
Managed – semi-aerobic ²	0.5
Unmanaged ³ – deep (>5 m waste) and /or high water table	0.8
Unmanaged ⁴ – shallow (<5 m waste)	0.4
Uncategorised SWDS ⁵	0.6
<p>¹ Anaerobic managed solid waste disposal sites: These must have controlled placement of waste (i.e., waste directed to specific deposition areas, a degree of control of scavenging and a degree of control of fires) and will include at least one of the following: (i) cover material; (ii) mechanical compacting; or (iii) levelling of the waste.</p> <p>² Semi-aerobic managed solid waste disposal sites: These must have controlled placement of waste and will include all of the following structures for introducing air to waste layer: (i) permeable cover material; (ii) leachate drainage system; (iii) regulating pondage; and (iv) gas ventilation system.</p> <p>³ Unmanaged solid waste disposal sites – deep and/or with high water table: All SWDS not meeting the criteria of managed SWDS and which have depths of greater than or equal to 5 metres and/or high water table at near ground level. Latter situation corresponds to filling inland water, such as pond, river or wetland, by waste.</p> <p>⁴ Unmanaged shallow solid waste disposal sites; All SWDS not meeting the criteria of managed SWDS and which have depths of less than 5 metres.</p> <p>⁵ Uncategorised solid waste disposal sites: Only if countries cannot categorise their SWDS into above four categories of managed and unmanaged SWDS, the MCF for this category can be used.</p> <p>Sources: IPCC (2000); Matsufuji <i>et al.</i> (1996)</p>	

Anexo 16. Tabla 6.2 de la IPCC (2006) “Capacidad máxima de producción de metano para aguas residuales domésticas”

TABLE 6.2 DEFAULT MAXIMUM CH₄ PRODUCING CAPACITY (B₀) FOR DOMESTIC WASTEWATER	
0.6 kg CH ₄ /kg BOD	
0.25 kg CH ₄ /kg COD	
Based on expert judgment by lead authors and on Doorn <i>et al.</i> , (1997)	

Anexo 17. Tabla 6.3 de la IPCC (2006) “Valores de factor de corrección de metano por defecto para aguas residuales domésticas”

TABLE 6.3 DEFAULT MCF VALUES FOR DOMESTIC WASTEWATER			
Type of treatment and discharge pathway or system	Comments	MCF¹	Range
Untreated system			
Sea, river and lake discharge	Rivers with high organics loadings can turn anaerobic.	0.1	0 – 0.2
Stagnant sewer	Open and warm	0.5	0.4 – 0.8
Flowing sewer (open or closed)	Fast moving, clean. (Insignificant amounts of CH ₄ from pump stations, etc)	0	0
Treated system			
Centralized, aerobic treatment plant	Must be well managed. Some CH ₄ can be emitted from settling basins and other pockets.	0	0 – 0.1
Centralized, aerobic treatment plant	Not well managed. Overloaded.	0.3	0.2 – 0.4
Anaerobic digester for sludge	CH ₄ recovery is not considered here.	0.8	0.8 – 1.0
Anaerobic reactor	CH ₄ recovery is not considered here.	0.8	0.8 – 1.0
Anaerobic shallow lagoon	Depth less than 2 metres, use expert judgment.	0.2	0 – 0.3
Anaerobic deep lagoon	Depth more than 2 metres	0.8	0.8 – 1.0
Septic system	Half of BOD settles in anaerobic tank.	0.5	0.5
Latrine	Dry climate, ground water table lower than latrine, small family (3-5 persons)	0.1	0.05 – 0.15
Latrine	Dry climate, ground water table lower than latrine, communal (many users)	0.5	0.4 – 0.6
Latrine	Wet climate/flush water use, ground water table higher than latrine	0.7	0.7 – 1.0
Latrine	Regular sediment removal for fertilizer	0.1	0.1
¹ Based on expert judgment by lead authors of this section.			

Anexo 18. Tabla 6.4 de la IPCC (2006) “Valores de DBO estimados para aguas residuales domésticas para países y regiones seleccionadas”

TABLE 6.4 ESTIMATED BOD ₅ VALUES IN DOMESTIC WASTEWATER FOR SELECTED REGIONS AND COUNTRIES			
Country/Region	BOD ₅ (g/person/day)	Range	Reference
Africa	37	35 – 45	1
Egypt	34	27 – 41	1
Asia, Middle East, Latin America	40	35 – 45	1
India	34	27 – 41	1
West Bank and Gaza Strip (Palestine)	50	32 – 68	1
Japan	42	40 – 45	1
Brazil	50	45 – 55	2
Canada, Europe, Russia, Oceania	60	50 – 70	1
Denmark	62	55 – 68	1
Germany	62	55 – 68	1
Greece	57	55 – 60	1
Italy	60	49 – 60	3
Sweden	75	68 – 82	1
Turkey	38	27 – 50	1
United States	85	50 – 120	4

Note: These values are based on an assessment of the literature. Please use national values, if available.

Reference:

1. Doorn and Liles (1999).
2. Feachem *et al.* (1983).
3. Masotti (1996).
4. Metcalf and Eddy (2003).

Anexo 19. Factores de emisión para aguas residuales industriales provistos por el IMN (2018).

<i>Tipo de tratamiento</i>	<i>Factor de emisión kg CH₄/kg DQO</i>
Reactor anaeróbico	0,2
Laguna anaeróbica profunda	0,2
Laguna anaeróbica poco profunda	0,05
Descarga a ríos	0,025