



## Informe Final

Inventario de emisiones, remociones y reducciones de GEI del cantón de Santa Ana, 2021.

Julio 2023.

Elaborado por:

BIOMATEC

Por encargo de:

GOBIERNO LOCAL  
**Santa Ana**

**Nombre de la consultoría:**

Asistencia técnica a personal de la Municipalidad de Santa Ana en la elaboración de sus inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y planes de acción climática.

**Publicado por:**

BIOMATEC

Contacto: [info@biomatec.net](mailto:info@biomatec.net)

**Autor/es:**

Gustavo Soto Calderón

Juliana Benavides Rodríguez

Marco Chaves Flores

Sabrina Galagarza Muñoz

**Por encargo de:**

Contacto: [ejimenez@santaana.go.cr](mailto:ejimenez@santaana.go.cr)

**Supervisión:**

Emilia Jiménez Jiménez

Rosa Muñoz Giro

Melanie Ortiz Umaña

## Índice de Contenido

	<i>página</i>
Acrónimos.....	6
Unidades.....	6
1 Resumen ejecutivo.....	7
2 Introducción.....	9
2.1 Descripción del cantón.....	10
2.2 Objetivos del proyecto.....	11
2.3 Sectores, subsectores y fuentes a reportar.....	11
2.4 Roles y responsabilidades.....	15
3 Metodología para la recopilación y cálculo de emisiones.....	16
4 Resultados.....	20
4.1 Sector Energía Estacionaria .....	21
4.2 Sector Transporte .....	25
4.2.1 Conteos vehiculares para la Municipalidad de Santa Ana.....	30
4.3 Sector Residuos .....	34
4.4 Sector Procesos Industriales y Uso de Productos .....	38
4.5 Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra .....	41
4.6 Inventario de GEI.....	50
4.6.1 Emisiones totales .....	50
4.6.2 Remociones netas.....	50
4.6.3 Emisiones netas.....	51
4.6.4 Emisiones de carbono biogénico .....	52
5 Evaluación de la calidad de los datos.....	55
6 Acciones de reducción.....	59
6.1 Resultados de acciones de mitigación cantonal 2021 .....	59
6.2 Estrategias para el Plan de Mitigación Cantonal 2023-2026 .....	59
6.3 Objetivos de mitigación a mediano plazo para Santa Ana .....	60
7 Objetivos por cumplir del programa” Cities Race to Zero” .....	62
8 Buenas prácticas.....	63
9 Lecciones aprendidas y oportunidades de mejora .....	64
10 Conclusiones.....	66
11 Recomendaciones.....	67
12 Anexos.....	71
Anexo A. Aplicabilidad de la metodología.....	71
Anexo B. Fuentes de emisiones de GEI cuantificadas en el inventario.....	76

## Índice de Figuras

	<i>página</i>
Figura 1.1. Inventario de emisiones de GEI para el cantón de Santa Ana para el año 2021.....	8
Figura 2.1. Mapa político administrativo del Cantón de Santa Ana. ....	10
Figura 2.2. Integrantes del Equipo consultor.....	16
Figura 3.1. Taller y capacitaciones para la cuantificación de emisiones del inventario de GEI e identificación de acciones de mitigación.....	17
Figura 4.1. Distribución de emisiones de GEI 2021 por sector .....	20
Figura 4.2. Distribución de emisiones de energía estacionaria por tipo de combustible consumido en Santa Ana durante el año 2021.....	21
Figura 4.3. Distribución de consumo de combustible para el sector industrial en el 2021.....	21
Figura 4.4. a) Distribución de equipos estacionarios en la industria b) Distribución de consumo de combustible en equipos estacionarios según encuestas a industrias 2021. ....	22
Figura 4.5. Distribución de emisiones asociadas al consumo de combustibles fósiles en el sector a) residencial, b) agrícola y c) comercial. Fuente: elaboración propia.....	23
Figura 4.6. Distribución de equipos de biomasa (leña) en Santa Ana al año 2021.....	23
Figura 4.7. Distribución del consumo de electricidad por sector en el cantón de Santa Ana para 2021.....	24
Figura 4.8. Tipo de tarifa en el sector agropecuario. ....	24
Figura 4.9. Distribución de emisiones GEI 2021 del sector energía estacionaria. ....	25
Figura 4.10. Principales medios de transporte identificados en Santa Ana en el 2021.....	26
Figura 4.11. Principales retos para lograr una movilidad ágil y sostenible en Santa Ana en el 2021. ....	26
Figura 4.12. Principales motivos por el cual las personas se movilizan en Santa Ana en el 2021.	27
Figura 4.13. Distribución de la movilidad en alcance 1 o alcance 3 en Santa Ana 2021. ....	27
Figura 4.14. Principales destinos de Alcance 3 en Santa Ana 2021. ....	28
<b>Figura 4.15. Principales lugares de origen en viajes de alcance 1 y alcance 3 en Santa Ana 2021.....</b>	<b>28</b>
Figura 4.16. Edad del parque vehicular a) y b) tipos de vehículos más utilizados en Santa Ana 2021.....	29
Figura 4.17. Distribución de emisiones de GEI, para el sector transporte de Santa Ana en el año 2021.....	30
Figura 4.18. Ubicación de contadores en Radial Colón.....	31
Figura 4.19. Ubicación del conteo vehicular en el Calle Gavilanes.....	32
<b>Figura 4.20. Ubicación de contadores en el cruce Isabel La Católica. ....</b>	<b>32</b>
Figura 4.21. Ubicación de conteos vehiculares en el Alto de Las Palomas.....	33
Figura 4.22. Ubicación de conteos vehiculares en la Radial Lindora-Alajuela, y cercanías.....	33
Figura 4.23. Ubicación de conteos vehiculares en la Radial Lindora-Alajuela, y cercanías.....	34
Figura 4.18. Tipo de tratamiento dado a las aguas residuales domésticas en Santa Ana 2021. ...	35
Figura 4.19. a) Ubicación de las PTAR y b) tipos de aguas tratadas en las PTAR en funcionamiento dentro de Santa Ana 2021. Fuente: elaboración propia basado en información de MINSAs.....	35
Figura 4.20. Ubicación espacial de las PTAR en Santa Ana al 2021.....	36
Figura 4.21. Distribución de carga vertida anualmente a cuerpos receptores en Santa Ana al 2021. Fuente: elaboración propia basado en información de MINSAs .....	37
Figura 4.22. Cantidad de toneladas anuales de residuos procesadas por incineración, entierro y compostaje en Santa Ana en el 2021. ....	37
Figura 4.23. Distribución de emisiones de GEI del sector Residuos de Santa Ana para el 2019 .38	38
Figura 4.24. Distribución por tipo de industria en Santa Ana 2021.....	39

Figura 4.25. Uso de equipos A/C por sector y tipo de refrigerantes utilizados en equipos A/C en Santa Ana 2021. Fuente: elaboración propia.....39

Figura 4.26 a) Distribución de equipos refrigerados y b) Distribución de gases refrigerantes utilizados en el sector comercial de Santa Ana, 2021.Fuente: elaboración propia .....40

Figura 4.27. Distribución de emisiones de GEI del sector Procesos industriales y Uso de productos en Santa Ana 2021. Fuente: elaboración propia.....40

Figura 4.28. Distribución de las remociones por cambio de uso de suelo en el Cantón de Santa Ana en el 2021.Fuente: elaboración propia.....42

Figura 4.29. Mapa de cambios de uso de suelo en el cantón de Santa Ana de 1992 a 2017.....43

Figura 4.30. Mapa de uso de suelo en el cantón de Santa Ana para el año 1992, 2005 y 2017...43

Figura 4.31. Potenciales zonas de reforestación dentro del cantón de Santa Ana.....45

Figura 4.32. Distribución y tipo de cultivos en Santa Ana según su extensión al año 2021.....46

Figura 4.33. Proporción de fincas dedicadas a actividades agrícolas (a) y fincas dedicadas a ganadería (b) en Santa Ana 2021. ....47

Figura 4.34. Distribución pecuaria en Santa Ana, 2021.....48

Figura 4.35. Distribución del ganado bovino en Santa Ana, 2021 a) según propósito b) sexo, c) edad. Fuente: elaboración propia basado en datos de SENASA y MAG.....48

Figura 4.36. Distribución de emisiones y remociones de GEI, para el sector Agricultura, Silvicultura y Otros usos de suelo en Santa Ana 2021.Fuente: elaboración propia.....49

Figura 4.37. Emisiones de GEI totales, por sector, en Santa Ana 2021 .....50

Figura 4.38. Emisiones y remociones de CO<sub>2</sub>eq por cambio de uso de suelo en Santa Ana 2021.....51

Figura 9.1. Apertura cantonal hacia acciones de mitigación propuestas en el sector residencial .....65

## Índice de Cuadros

	<i>página</i>
Cuadro 1.1 Resumen de emisiones de GEI 2021, por alcance y sector, para el cantón de Santa Ana.....	7
Cuadro 1.2. Resultados de las acciones de mitigación implementadas en el 2021 .....	8
Cuadro 1.3. Acciones prioritarias del Plan de Mitigación Cantonal PPCNC 2.0, 2023-2026.....	8
Cuadro 2.1. Parámetros para la definición del límite del inventario.....	10
Cuadro 2.2. Fuentes de emisión incluidas en el inventario cantonal de GEI.....	13
Cuadro 2.3. Integrantes de la comisión intersectorial del cambio climático .....	15
Cuadro 3.1. Metodología de recopilación y cálculo de emisiones por subsector. ....	18
Cuadro 4.1. Resumen del inventario de emisiones y remociones de GEI para el 2021 por sector y alcance .....	20
Cuadro 4.2. Total de emisiones biogénicas liberadas por uso de leña y biogás en el cantón (tCO <sub>2</sub> e) .....	23
Por último, se calcula la distribución porcentual de alcance 1 y 3 que debe aplicarse al cálculo. Para obtener esa estimación total, se calcula el porcentaje que representa la porción del viaje en alcance 1 y alcance 3 en cada caso y se multiplica por el peso porcentual de cada destino. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.3. ....	29
Cuadro 4.4. Inventario de emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> por cambio de uso de suelo para 2021 del Cantón de Santa Ana.....	44
Cuadro 4.5. Información para cultivos desarrollados en Santa Ana brindada por el MAG al 2021.....	47
Cuadro 4.6. Distribución de emisiones de GEI para el cantón de Santa Ana 2021, por alcance. ....	50
Cuadro 4.7. Resumen de emisiones de GEI, por alcance, y remociones de CO <sub>2</sub> eq en Santa Ana 2021. ....	51
Cuadro 4.8. Total de emisiones biogénicas liberadas por uso de leña y biogás en el cantón (ton CO <sub>2</sub> e) ..	52
Cuadro 4.9. Inventario de emisiones y remociones de GEI 2021 por alcance y subsector.....	53
Cuadro 5.1. Evaluación de la calidad de los datos recopilados para el inventario GEI, por sector.....	56
Cuadro 6.1. Resultados de las acciones de mitigación cantonales, 2021. ....	59
Cuadro 6.2. Acciones prioritarias del Plan de Mitigación Cantonal PPCNC 2.0, 2021-2024.....	60

Cuadro 6.3. Acciones prioritarias del Plan de Mitigación Cantonal PPCNC 2.0, 2021-2024.....	60
Cuadro 6.4. Objetivos de reducción basados en ciencia para Santa Ana .....	61
Cuadro 10.1. Recomendaciones para mejorar la calidad de información, por fuente.....	69
Cuadro 11.1. Aplicabilidad de la metodología PPCNC 2.0.....	72
Cuadro 11.2. Fuentes de emisiones de GEI cuantificadas en el inventario .....	76

## Acrónimos

AYA	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
AFOLU	Sector Agricultura, Ganadería y cambio de uso del suelo
CAC	Centro Agrícola Cantonal
CH <sub>4</sub>	Metano
COSEVI	Consejo de Seguridad Vial
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CNFL	Compañía Nacional de Fuerza y Luz
DCC	Dirección de Cambio Climático
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
GEI	Gases de efecto invernadero
HCFC	Hidroclorofluorocarbonos
HFC	Hidrofluorocarbonos
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio Climático
IPPU	Sector Industrial y Uso de productos
LANAMME	Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MINSA	Ministerio de Salud
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transporte
NAMA	Acción de Mitigación Nacionalmente Apropriada
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
PPCNC 2.0	Programa País Carbono Neutro Cantonal
RECOPE	Refinadora Costarricense de Petróleo
SIRROAR	Sistema para el Registro de los Reportes Operacionales de Aguas Residuales
SNIT	Sistema Nacional de Información Territorial
tCO <sub>2</sub> e	Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalentes

## Unidades

Parámetro	Descripción	Unidad
Emisiones de GEI	Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalentes	tCO <sub>2</sub> e
Carga orgánica	Demanda Bioquímica de Oxígeno	kg DBO
Carga química	Demanda Química de Oxígeno	kg DQO

## 1 Resumen ejecutivo

Con el objetivo de brindar asistencia técnica y acompañamiento a las comunidades para elaborar su inventario de gases de efecto invernadero (GEI) y planes de acción climática, según la metodología propuesta por el Programa País Carbono Neutro Cantonal (PPCNC 2.0), se ha completado el proceso de implementación del PPCNC 2.0 en el cantón de Santa Ana. Este cantón de la provincia de San José, de 61.42 km<sup>2</sup> de área, desarrolla una variedad importante de actividades comerciales e industriales, así como algunas actividades agrícolas y ganaderas. Su población se concentra alrededor de 6 comunidades: Santa Ana, Salitral, Pozos, Uruca, Piedades y Brasil. El proyecto aquí descrito se lleva a cabo como parte de los esfuerzos de la Municipalidad de Santa Ana para cimentar conocimientos técnicos y metodológicos que permitan el empoderamiento del gobierno local en la lucha contra el cambio climático.

El personal de la municipalidad de Santa Ana decide iniciar con el proceso de recopilación del inventario de GEI, con el año 2021 como año base y de reporte, en el cual se consideran las actividades realizadas en cada uno de los poblados del cantón. Una vez definidos los límites del estudio, la municipalidad procedió a la identificación y caracterización de todas las fuentes de emisiones de GEI según los alcances a reportar y clasificadas por sector: energía estacionaria, transporte, residuos, procesos industriales y uso de productos (IPPU); así como agricultura, silvicultura y otros usos de suelo (AFOLU).

Con base en las fuentes de emisiones de GEI y el alcance deseado, se contemplaron las instituciones públicas y privadas que debían ser contactadas, para así diseñar una metodología específica para la recopilación de datos asociados a las actividades realizadas en cada subsector para el año 2021.

Las emisiones de GEI y remociones para el año 2021 en el cantón se calculan a partir de información brindada por instituciones públicas como el Ministerio de Salud, RECOPE, MAG, SENASA, CNFL, entre otras. La información brindada por las instituciones públicas se complementa con datos obtenidos a partir de la aplicación de alrededor de 529 encuestas, realizadas a viviendas, comercios e instituciones y fincas agropecuarias, en temas como consumos de combustibles, electricidad, uso de refrigerantes, movilidad y uso de fertilizantes.

Para el 2021, el sector que generó más emisiones fue Transporte, seguido por el sector Energía Estacionaria; en tercer lugar, el sector Residuos, luego el sector Agricultura Silvicultura y otros usos del suelo y, por último, el sector Procesos Industriales y Uso de Productos. Los resultados del inventario se resumen en el Cuadro 1.1, el cual muestra las emisiones de GEI totales generadas, así como las emisiones netas, luego de considerar las remociones de CO<sub>2</sub> presentes en el cantón. En la Figura 1.1, se muestran los resultados del inventario por sector y subsector, de forma gráfica. Las emisiones netas per cápita se calculan en 4.10 tCO<sub>2</sub>e/persona.

Cuadro 1.1 Resumen de emisiones de GEI 2021, por alcance y sector, para el cantón de Santa Ana

Sector	Alcance 1 (tCO <sub>2</sub> e)	Alcance 2 (tCO <sub>2</sub> e)	Alcance 3 (tCO <sub>2</sub> e)	Emisiones totales (tCO <sub>2</sub> e)	Porcentaje (%)
Sector Energía Estacionaria	86 660,63	9 021,85	897,67	96 580,15	38,64
Sector Transporte	93 559,85	0,00	3 776,95	97 336,80	38,95
Sector Residuos	5 549,74	No aplica	22 819,24	28 368,98	11,35
Sector Procesos Industriales y Uso de Productos	8 057,16	No aplica	No aplica	8 057,16	3,22
Sector Agricultura Silvicultura y Otros Usos de la Tierra	19 587,96	No aplica	No aplica	19 587,96	7,84
Total de emisiones de GEI (tCO <sub>2</sub> e)				249 931,05	
Total de remociones de GEI (tCO <sub>2</sub> e)				-2 023,94	
Total de Emisiones Netas de GEI (tonCO <sub>2</sub> eq)				247 907,11	



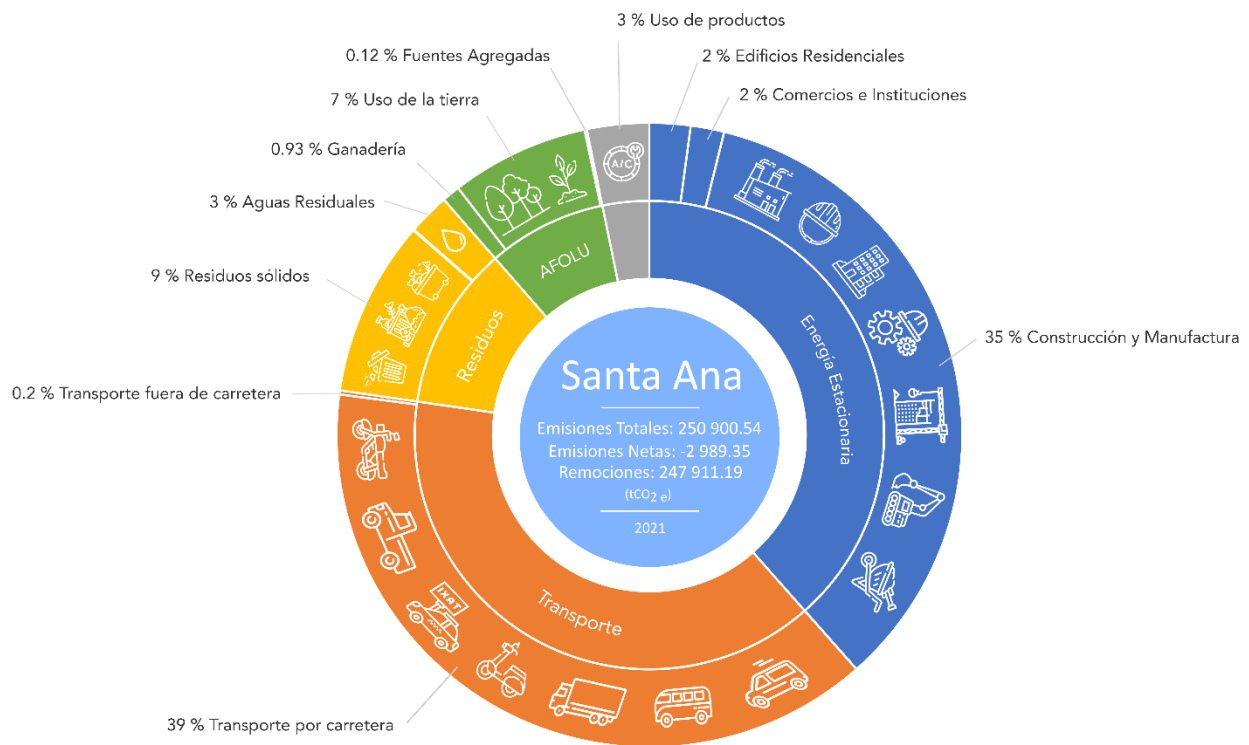


Figura 1.1. Inventario de emisiones de GEI para el cantón de Santa Ana para el año 2021

Fuente: elaboración propia

Complementariamente, se recopilamos las contribuciones de las estrategias de mitigación desarrolladas para el año 2021, identificando los resultados de las diferentes acciones implementadas y cuantificando su impacto en las emisiones de GEI del cantón, como se resume a continuación:

Cuadro 1.2. Resultados de las acciones de mitigación implementadas en el 2021

Acción	Sector	Programa, estrategia o iniciativa	Emisiones reducidas tCO <sub>2</sub> e
1	Residuos	Recolección de residuos valorizables	1 052.62
<b>Total</b>			<b>1 052.62</b>

Adicionalmente, se elaboró el Plan de Acción Climática de Santa Ana<sup>1</sup>, el cual contó con los aportes de actores clave de distintos sectores dentro del cantón. Este plan da continuidad a las estrategias municipales buscando fortalecer la gestión de reducción de emisiones de GEI, para así acercarse cada vez más a la meta de carbono neutralidad a nivel cantonal. Las principales acciones de dichas estrategias se resumen a continuación:

Cuadro 1.3. Acciones prioritarias del Plan de Mitigación Cantonal PPCNC 2.0, 2023-2026.

Acción	Sector	Programa, estrategia o iniciativa	Nombre de la acción de mitigación
1	Residuos	Manejo de Residuos	Aumento en las tasas de recolección de residuos valorizables
2	Transporte	Movilidad Sostenible	Construcción y rehabilitación de aceras
3	Energía	Ahorro de Energía	Reducción de consumo energético y plan de construcción sostenible
4	Residuos	Manejo de Residuos	Mejora del Sistema de Aguas Residuales

<sup>1</sup> La metodología para el diseño del Plan de Acción Climática de Santa Ana, así como la descripción de todas las acciones de mitigación y adaptación propuestas, se muestra en el documento: "Plan de Acción Climática de Santa Ana" el cual es un complemento a este informe.

## 2 Introducción

El Programa País de Carbono Neutralidad 2.0 busca ser una herramienta clave, con datos robustos, inventarios de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y un novedoso sistema para incorporar a empresas, organizaciones y municipalidades, en los esfuerzos del país para llegar al escenario de cero emisiones de gases de efecto invernadero en un futuro de mediano plazo. Este programa comparte una visión de más largo plazo, tomando como base los avances que se alcanzarán en tres distintos hitos de la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) de Costa Rica: uno al 2030; otro al 2050; y, finalmente, otro al 2100.<sup>2</sup>

Adicionalmente, el gobierno de Costa Rica ha diseñado acciones estratégicas orientadas hacia la descarbonización, vista ésta como la transformación del modelo actual de desarrollo económico a uno de bajas emisiones y con menor dependencia de combustibles fósiles. Estas acciones están contenidas en el Plan Nacional de Descarbonización 2019-2050, un documento oficializado mediante decreto en el 2019, como parte de un proceso liderado por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).

En el Plan Nacional de Descarbonización, se presenta un conjunto de políticas públicas cuyas metas y acciones fueron definidas y diseñadas en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública (PNDIP) 2019-2022 y las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de Costa Rica. Las metas y acciones fueron formuladas sobre la base de diferentes escenarios de descarbonización de la economía; específicamente, el mantenimiento de la temperatura media global por debajo de 1,5°C y el mantenimiento de dicha temperatura por debajo de 2°C. Para el modelado de estos escenarios, se tomó en cuenta las emisiones por sector analizado (Energía, Comercio, Actividades Agrícolas y Residuos), las estrategias propuestas por el Gobierno y el crecimiento de la población y de la economía al 2050, entre otros insumos.

Considerando ambos planes nacionales, participar en el Programa País Carbono Neutralidad en el sector Cantonal, le permite a la Municipalidad de Santa Ana:

- Sensibilizar al personal de la Municipalidad, así como a los habitantes del cantón, en materia de cambio climático y los desafíos que involucra el proceso de descarbonización de la economía del país.
- Potenciar la acción climática del cantón, a través de la gestión de las emisiones de GEI en todas las actividades que se generan, dando prioridad a los esfuerzos de reporte, reducción y verificación de GEI.
- Potenciar las estrategias intercantonales e intersectoriales para cada acción de mitigación que se diseñe y priorice en el proceso.
- Producir información primaria en materia de inventarios de GEI a nivel cantonal y cantonal.

---

<sup>2</sup> Gobierno de Costa Rica (2017). [www.presidencia.go.cr](http://www.presidencia.go.cr)

## 2.1 Descripción del cantón

Los principales parámetros de interés para la elaboración del inventario cantonal de gases de efecto invernadero (GEI) de Santa Ana, se presentan a continuación:

### Límite del inventario

Cuadro 2.1. Parámetros para la definición del límite del inventario

Aspecto	Descripción
Nombre del distrito o el cantón	Santa Ana
Provincia	San José
País	Costa Rica
Año de reporte	2021
Año base	2021
Límite geográfico escogido	Cantonal. Se incluyen todos los poblados del cantón: Santa Ana, Salitral, Pozos, Uruca, Piedades y Brasil
km <sup>2</sup> del área incluida en el inventario	61.42
Cantidad de residentes que viven dentro del área del inventario	60 453 personas
Tipo de actividades económicas desarrolladas	Principalmente comerciales, industriales y algunas actividades agropecuarias
Clima del cantón o el cantón	Templado, con temperaturas que varían entre 16 °C a 26 °C. Precipitación mínima en meses de febrero a marzo de 24 mm y máxima en meses de junio a noviembre de 166 mm.
Otra información	N/A

### Mapa de área geográfica elegida para desarrollar el inventario

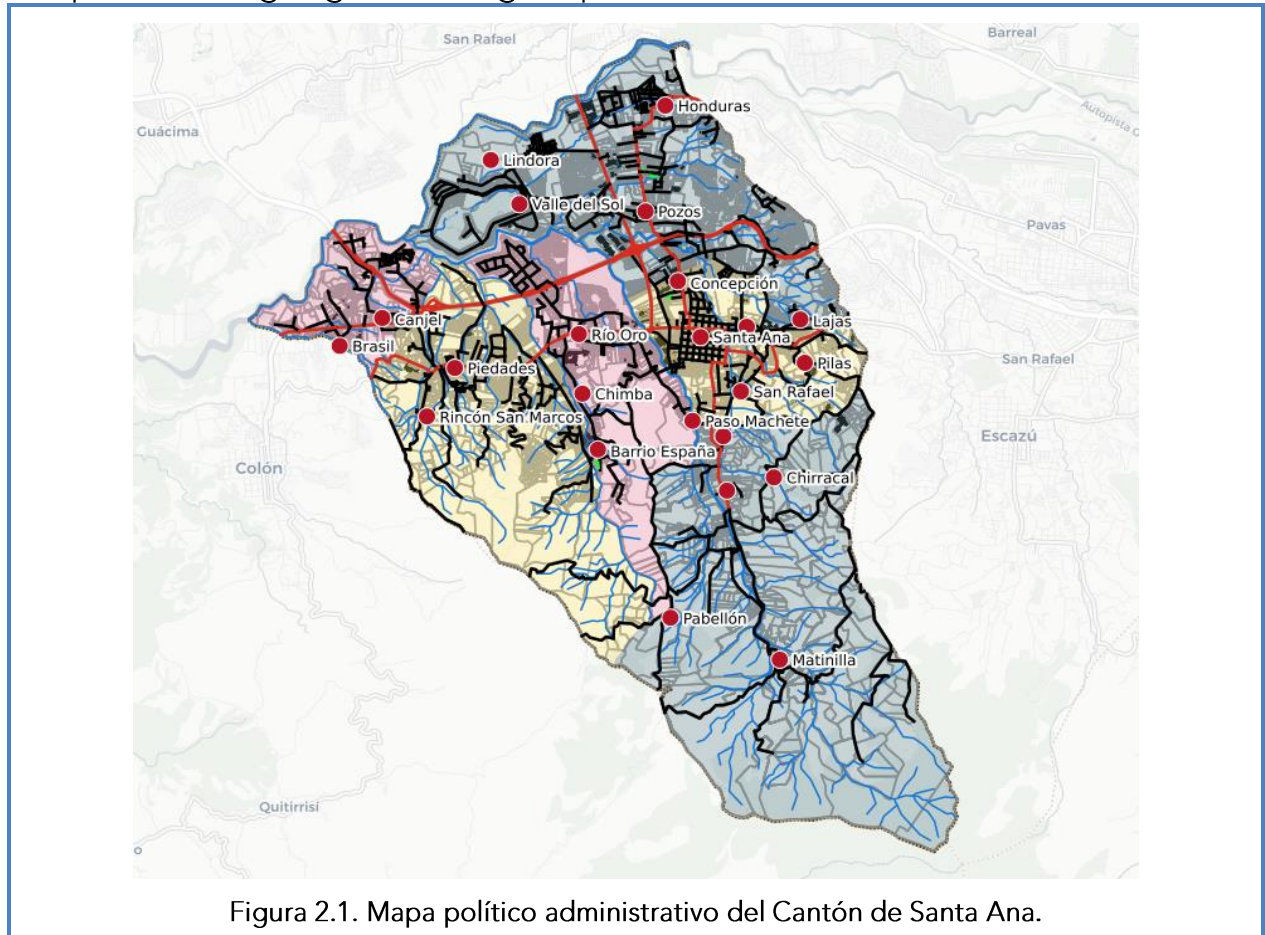


Figura 2.1. Mapa político administrativo del Cantón de Santa Ana.

## 2.2 Objetivos del proyecto

Para iniciar con la implementación del Programa País Carbono Neutralidad en su categoría comunidades, la Municipalidad de Santa Ana ha procurado los siguientes objetivos:

- Fortalecer la gestión del personal de la Municipalidad de Santa Ana en la contabilización de las fuentes de emisión, reducción, remociones y sumideros, según las condiciones para la elaboración del inventario establecidas por el PPCNC 2.0.
- Capacitar a los funcionarios municipales sobre los conceptos, metodologías y cálculos de las emisiones por sector y subsector, sus diferentes alcances, así como de las remociones y sumideros.
- Contar con apoyo técnico para el correcto reporte del inventario de GEI y la debida solicitud de inscripción ante la DCC según los requisitos del PPCNC 2.0.
- Identificar y establecer en conjunto con el personal municipal y actores de importancia, las prioridades y acciones de reducción por sectores e integrarlas en un Plan de Acción.
- Desarrollar, monitorear y reportar los esfuerzos y resultados de las acciones implementadas por los diversos actores involucrados en las estrategias de mitigación.
- Identificar y proponer posibles estrategias mancomunadas entre el gobierno local y alianzas con el sector privado u ONG's para definir y lograr las metas de reducción en fuentes de mayor aporte de emisiones en el cantón.

## 2.3 Sectores, subsectores y fuentes a reportar

Las fuentes de emisión comprenden todos los sectores y subsectores que están presentes en el cantón de Santa Ana por el desarrollo de diversas actividades, las cuales se constituyen en los generadores de las emisiones de GEI contabilizados; a saber: dióxido de carbono equivalente a partir de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), hidrofluorocarbonos (HCFC) e hidrofluorocarbonos (HFC).

Por su parte, los alcances se refieren al lugar desde el cual se producen las emisiones, es decir, el origen de estas, con el fin de distinguir cuáles actividades desarrolladas dentro del cantón generan emisiones dentro de los límites de éste y cuáles emisiones se liberan en otros cantones o distritos. El PPCNC 2.0 define tres alcances: Alcance 1, correspondiente a las emisiones generadas por fuentes localizadas dentro de los límites del cantón; Alcance 2, emisiones de producidas por la utilización de energía eléctrica suministrada en red dentro de los límites del cantón y Alcance 3, incluye todas las emisiones que ocurren fuera de los límites cantonales, pero como consecuencia de actividades propias del cantón.

En el caso de Santa Ana, se han estimado emisiones del sector de Energía Estacionaria, provenientes de la quema de combustibles fósiles (GLP, gasolina, diésel, bunker u otros); así como emisiones liberadas en el proceso de consumo de electricidad, que ocurren en edificios residenciales, edificios e instalaciones comerciales e institucionales, actividades de construcción o industria y actividades asociadas a la agricultura, silvicultura y pesca. Al respecto, es importante subrayar que el cantón de Santa Ana cuenta con industrias energéticas, tales como el Parque Eólico de Santa Ana y la Planta Hidroeléctrica Brasil, cuyas emisiones por uso de combustibles y generación eléctrica, son consideradas dentro de este sector.

El resto de las emisiones reportadas como parte del sector energía estacionaria, se obtienen de forma directa a partir de información de consumos brindados por entes como la CNFL, o bien, a partir de datos obtenidos por la aplicación de encuestas representativas a los diferentes sectores productivos estudiados (residencial, agrícola, comercio e instituciones e industria).

En Transporte, se logró el reporte de emisiones obligatorias correspondientes a los vehículos de transporte por carretera, para Alcance 1, 2 y 3. Los datos de Alcance 1 se obtienen al desagregar datos brindados por RECOPE sobre venta de combustibles en el cantón, ya sea en estaciones de servicio o peddler. Para dividir los datos y distinguirlos de aquellos utilizados en energía, se utiliza la información obtenida a través de encuestas. Para la estimación de consumos en Alcance 3, se realiza un estudio de movilidad a partir de la información obtenida en encuestas a Hogares del cantón. En cuanto al Alcance 2, en las encuestas realizadas se menciona la existencia de vehículos

eléctricos dentro del cantón, sin embargo, no se logra desagregar el consumo eléctrico de estos vehículos de los totales presentados por CNFL para el cantón, por lo que su consumo se encuentra contenido dentro de los datos eléctricos generales reportados para Santa Ana.

Se reporta, de igual forma, las emisiones en Alcance 1 asociadas a vehículos fuera de carretera, mientras que las fuentes de transporte ferroviario, navegación marítima y aviación, no se identifican dentro del cantón. En cada caso se aporta justificación y evidencia sensible con el fin de demostrar la inexistencia de estas actividades.

El sector Residuos ha sido caracterizado a partir de la estimación de datos de disposición de residuos sólidos y aguas residuales generadas en el cantón, para el Alcance 1 y 3. Se incluyen, además, las emisiones por tratamiento biológico de residuos en el Alcance 1, así como las emisiones por entierro e incineración o quema a cielo abierto de residuos.

Dentro del sector Procesos Industriales y uso de productos (IPPU), por otro lado, se incluyen las emisiones para el Alcance 1 asociadas al uso de extintores, uso de lubricantes y uso de equipos como aires acondicionados, equipos de refrigeración comercial, industrial, doméstica y agropecuaria, que llevan a la liberación de gases HCFC y HFC entre otros. Se incluye de igual forma el uso de gases como el SF<sub>6</sub> en el proyecto Hidroeléctrico Brasil, para el cual se reportan emisiones nulas al no haber consumo del gas en el año de reporte.

Finalmente, para el sector de Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU), se estimaron emisiones para el Alcance 1 provenientes de la actividad ganadera, emisiones y remociones por el cambio de uso de suelo y emisiones provenientes de otras fuentes por el uso de fertilizantes nitrogenados.

La información sobre el ganado, ya sea bovino o de otros tipos, fue suministrada por MAG y SENASA y las diferentes encuestas aplicadas, al igual que la información sobre el total de hectáreas cultivadas y los tipos de cultivo en cada caso, mientras que la información sobre la cantidad de fertilizantes nitrogenados, cal y urea aplicadas, viene de diferentes fuentes, incluyendo encuestas y modelos de costos de producción del MAG.

En el siguiente cuadro (Cuadro 2.2) se presenta la síntesis de datos recopilados en el inventario de Santa Ana según lo dispuesto en el PPCNC 2.0 para las fuentes de emisión y los alcances a reportar:

Cuadro 2.2. Fuentes de emisión incluidas en el inventario cantonal de GEI

Fuentes de emisión		Reportado en el inventario			Exclusiones
Sector	Subsector	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	JUSTIFICACIÓN
<b>Energía Estacionaria</b>		<b>Incluido</b>	<b>Incluido</b>	<b>Incluido</b>	
	Edificios residenciales	Combustible consumido	Electricidad consumida	Pérdidas en transmisión	
	Edificios e instalaciones comerciales e institucionales	Combustibles consumidos	Electricidad consumida	Pérdidas en transmisión	
	Construcción e industrias manufactureras	Combustibles consumidos	Electricidad consumida	Pérdidas en transmisión	
	Industrias energéticas	Combustibles consumidos	Electricidad consumida	Pérdidas en transmisión	
	Actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca	Combustibles consumidos	Electricidad consumida	Pérdidas en transmisión	
	Fuentes no especificadas	NO	NO	NO	
	Emisiones fugitivas provenientes de la minería, el procesamiento, el almacenamiento y el transporte de carbón	NO	No aplica	No aplica	
	Emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de petróleo y gas natural	NO	No aplica	No aplica	
<b>Transporte</b>					
	Por carretera	Combustible consumido	IE	Combustible consumido	Contenido dentro de los datos eléctricos generales reportados para el cantón.
	Ferrovial	NO	NO	NO	
	Navegación marítima, fluvial y lacustre	NO	NO	NO	
	Aviación	NO	NO	NO	
	Fuera de carretera	Combustible consumido	NO	No aplica	
<b>Residuos</b>					
	Disposición de residuos sólidos generados en la ciudad	NO	No aplica	Residuos municipales	
	Tratamiento biológico de residuos generados en la ciudad	Residuos por compostaje y entierro	No aplica	NO	
	Incineración y quema a cielo abierto de residuos generados en la ciudad	Residuos incinerados	No aplica	NO	
	Aguas residuales generadas en la ciudad	Tanques sépticos Plantas de tratamiento	No aplica	NO	
<b>Procesos Industriales y Uso de Productos</b>					

Cuadro 2.2. Fuentes de emisión incluidas en el inventario cantonal de GEI

Fuentes de emisión		Reportado en el inventario			Exclusiones
Sector	Subsector	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	JUSTIFICACIÓN
	Procesos Industriales	NO	No aplica	No aplica	
	Uso de Productos	Refrigerantes, CO <sub>2</sub> , lubricantes	No aplica	No aplica	
<b>Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra</b>					
	Ganadería	Producción agropecuaria	No aplica	No aplica	
	Uso de la Tierra	Cambio de uso de suelo	No aplica	No aplica	
	Fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO <sub>2</sub>	Uso de fertilizantes nitrogenados, Cal y Urea	No aplica	No aplica	

LEYENDA

	Emisiones de reporte obligatorio
	Emisiones de reporte opcional
	Emisiones excluidas de reportar

Clave de anotación	Condición	Descripción
IE	Incluida en otro lugar	Las emisiones de GEI para esta actividad se han estimado y se presentan en otra categoría del inventario. Esa categoría debe indicarse en el reporte.
NE	No estimada	Emisiones que ocurren, pero que no se han estimado o reportado; la justificación para la exclusión se debe indicar en el reporte.
NO	No ocurre	Una actividad o proceso que no ocurre dentro del cantón.
C	Información confidencial	Las emisiones de GEI podrían conllevar a la divulgación de información confidencial y, por lo tanto, no pueden ser reportadas.

## 2.4 Roles y responsabilidades

A continuación, se presenta la lista de representantes convocados a integrar la Comisión Intersectorial de Cambio Climático del Cantón de Santa Ana para llevar a cabo el inventario. La CICC en Santa Ana se basa en la Alianza Ambiental del cantón, organismo que involucra a empresas de diferentes sectores y funciona a través de reuniones mensuales para la resolución de distintos retos encontrados.

**Cuadro 2.3. Integrantes de la comisión intersectorial del cambio climático**

Nombre completo	Organización	Correo electrónico
Emilia Jiménez	Municipalidad de Santa Ana	<a href="mailto:ejimenez@santaana.go.cr">ejimenez@santaana.go.cr</a>
Melanie Ortiz Umaña	Municipalidad de Santa Ana	<a href="mailto:melanie.ortiz@santaana.go.cr">melanie.ortiz@santaana.go.cr</a>
Rosa Muñoz Giro	Municipalidad de Santa Ana	<a href="mailto:rosa.munoz@santaana.go.cr">rosa.munoz@santaana.go.cr</a>
Silvia Masis Gamboa	Hotel Quality Real	<a href="mailto:silvia.masis@hr.com">silvia.masis@hr.com</a>
José Daniel Méndez Rojas	Forum II	<a href="mailto:jose.mendez@mabinsa.com">jose.mendez@mabinsa.com</a>
Natalia Araya Monge	Western Union	<a href="mailto:naty-araya@hotmail.com">naty-araya@hotmail.com</a>
Celina Rojas Rodríguez	Coopesana	<a href="mailto:pssantaana@coopesana.com">pssantaana@coopesana.com</a>
Jeldryn Vargas Rodríguez	Swiss Travel	<a href="mailto:jeldryn@swisstravelcr.com">jeldryn@swisstravelcr.com</a>
Roberto Carvajal Sandí	CNFL	<a href="mailto:rcarvajal@cnfl.go.cr">rcarvajal@cnfl.go.cr</a>
Argerie Arroyo Oporta	CNE	<a href="mailto:aarroyo@cne.go.cr">aarroyo@cne.go.cr</a>
Scarlett Romero Vargas	SENASA	<a href="mailto:scarlett.romero.v@senasa.go.cr">scarlett.romero.v@senasa.go.cr</a>
Mauricio Cascante Marín	MAG-AEA Santa Ana	<a href="mailto:mcascantem@mag.go.cr">mcascantem@mag.go.cr</a>

Para la implementación del Programa País de Carbono Neutralidad, por parte de la Municipalidad de Santa Ana, se designó a Emilia Jiménez, del departamento de Proceso de Gestión Riesgo de Desastres de la Municipalidad, como responsable de la coordinación del proyecto, apoyado por la compañera Rosa Muñoz Giro, del departamento del Proceso de Gestión Ambiental. Entre las funciones de coordinación, han estado:

- La elaboración y envío de cartas de solicitud de información
- Llamadas y seguimiento a solicitudes
- Contacto a instituciones y actores clave
- Recopilación de datos y gestión de consultas sobre información recibida
- Convocatoria y coordinación de actividades de forma general
- Revisión de los datos recopilados y cálculos del inventario
- Identificación de acciones clave, como base para los planes de mitigación

La Municipalidad de Santa Ana ha buscado apoyarse con la gestión de las personas integrantes del Comité, el cual debe formalizar sus roles y funcionamiento para dar continuidad a esta iniciativa cantonal.

Por la complejidad del inventario se requiere que un equipo multidisciplinario pueda llevar a cabo tanto la labor de recopilación de información, como de su respectivo análisis, así como de la visualización de los resultados en planes de acción y mitigación. La descripción del equipo consultor se realiza a continuación:



## BIOMATEC – Equipo Consultor

El equipo consultor, bajo la coordinación del Ing. Gustavo Soto, ha brindado el acompañamiento a través de las tareas de:

- Capacitación en los requisitos y orientación para cumplir los pasos del programa PPCNC 2.0
- Identificación de fuentes de información, elaboración de cartas y guía para la solicitud y gestión ante instituciones.
- Apoyo en la elaboración de encuestas y apoyo en el desarrollo e implementación de la metodología de aplicación.
- Contacto a instituciones en nombre de la municipalidad de Santa Ana para la solicitud y gestión de información.
- Recopilación de datos y sistematización en un libro de cálculo con toda la información requerida de forma funcional para su utilización en el cálculo del inventario.
- Cálculo de las emisiones de GEI para el inventario cantonal por sector.
- Análisis de los resultados del inventario para la priorización de los sectores y acompañamiento a la elaboración de propuestas para el plan de acción.
- Guía y orientación para el desarrollo de un plan de acción de mitigación de forma participativa.

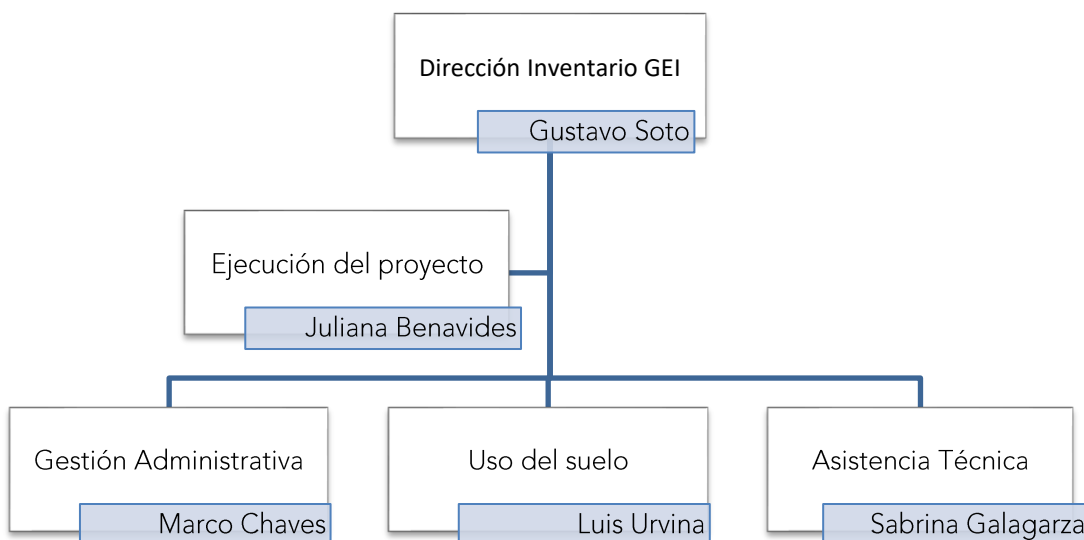


Figura 2.2. Integrantes del Equipo consultor

### 3 Metodología para la recopilación y cálculo de emisiones

Este proyecto se desarrolló mediante la ejecución de tres etapas esenciales. En la primera etapa, de Planificación, los integrantes de la Comisión Intersectorial de Cambio Climático (CICC) identificaron las condiciones generales para la elaboración del inventario de GEI. Basados en sus experiencias personales, amplio conocimiento del cantón y sus actividades productivas, se identificaron las fuentes de emisión a reportar por sector y subsector, según límites y alcances cantonales.

En la segunda etapa, de Recopilación de Datos, se definieron los instrumentos metodológicos necesarios. Para ello se basó la recopilación en insumos, herramientas y contactos establecidos durante las primeras reuniones y capacitaciones llevadas a cabo con la CICC. Las carencias en información identificadas se subsanaron con apoyo del equipo consultor a través del diseño y aplicación de encuestas y el contacto con distintos funcionarios públicos y privados para caracterizar los diferentes subsectores de interés (residencial, comercial, institucional y agropecuario).

Seguido se encuentra la etapa de Análisis. Conforme avanzó la recopilación de datos, éstos se han sistematizado en un resumen, clasificando la información por sector y subsector, para utilizarla en la hoja de cálculo para el inventario de GEI. Con base en los resultados preliminares, se han identificado los sectores prioritarios para la definición de metas y acciones de reducción de mitigación del cantón: Transporte, Residuos y Energía. Complementariamente, se ha elaborado un Manual de Procedimientos, que sintetiza los pasos para elaborar el inventario, dirigido a la comisión intersectorial, de manera que les permita replicar o actualizar el inventario.

En el Cuadro 3.1, se describen los principales métodos de recopilación de datos y cálculo de emisiones utilizados en la elaboración del inventario. En el Anexo A se describe la facilidad (alta, media o baja) para la implementación de la Guía del PPCNC 2.0 en el cantón, se añaden las fortalezas y puntos de mejora, recomendaciones, así como la aplicabilidad de la metodología.

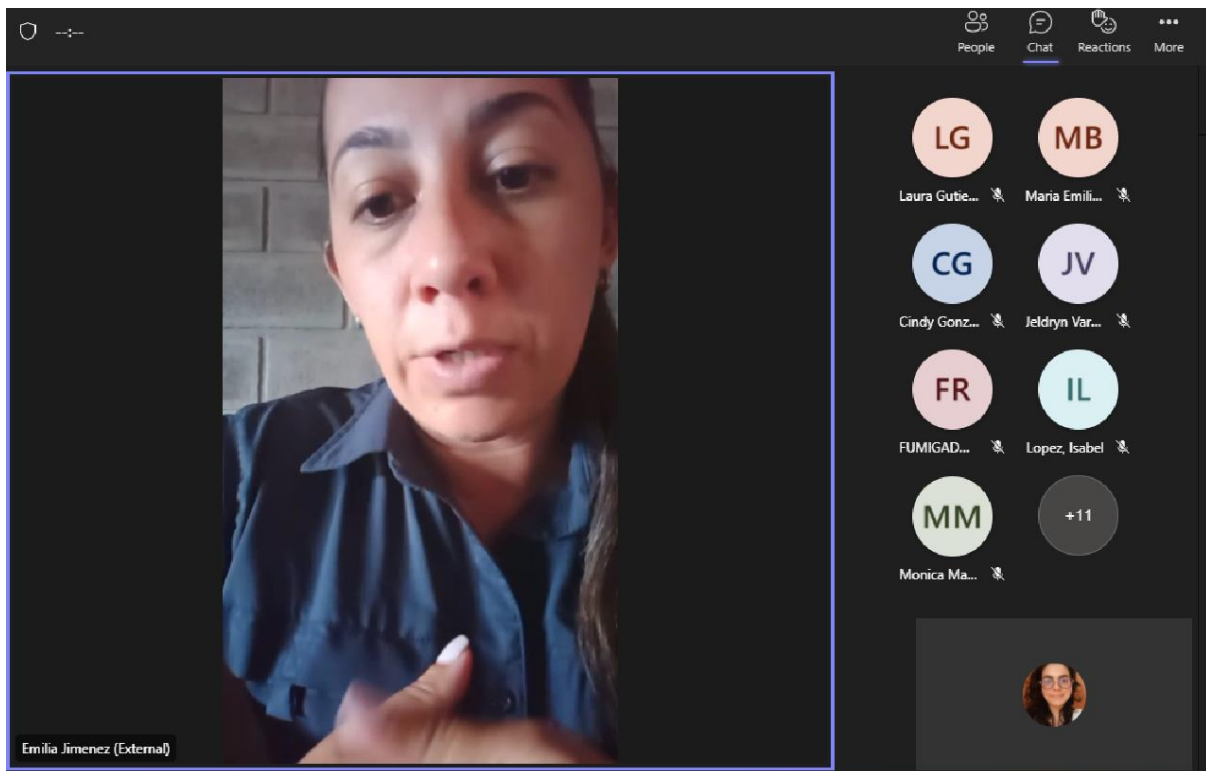


Figura 3.1. Taller y capacitaciones para la cuantificación de emisiones del inventario de GEI e identificación de acciones de mitigación.

Cuadro 3.1. Metodología de recopilación y cálculo de emisiones por subsector.

Sector	Subsector	Alcance	Recopilación de información	Cálculo de emisiones
Energía Estacionaria	Edificios residenciales	1, 2 y 3	<p>Se recurrió a las empresas distribuidoras de combustibles y energía eléctrica. Se solicitaron datos de consumo eléctricos clasificados por subsector. Se complementó la información con encuestas al sector residencial, comercial e institucional, industrial y agropecuario para desagregar los datos consolidados o para recopilación de uso de combustibles no tradicionales (biocombustibles) y Gas LP.</p> <p>El sector agropecuario, usualmente contenido en el sector residencial, se desagrega a partir de encuestas. Se incluyen datos de consumo de combustibles y electricidad en el Parque Eólico y la Planta Hidroeléctrica Brasil.</p>	<p>Se multiplican los datos de actividad por los factores de emisión del IMN, para consumo de combustibles por subsector y consumo de electricidad para el año correspondiente. Para combustibles no tradicionales (como biogás o leña) se recurrió a los factores de emisión del IPCC 2019.</p>
	Edificios e instalaciones comerciales e institucionales	1, 2 y 3		
	Construcción e industria manufacturera	1, 2 y 3		
	Actividades agrícolas, silvicultura, pesca	1, 2 y 3		
Transporte	Transporte por carretera	1 y 3	<p>Se recurrió a la empresa distribuidora de combustibles (RECOPE) para datos de venta en estaciones de servicio y peddler.</p> <p>Se recopiló datos de transporte de residuos fuera del cantón a través del personal municipal. Se desagregan los datos de consumo de combustibles en hogares, comercios, industrias y fincas, para el alcance 1, 2 y 3, a través de encuestas.</p>	<p>Se multiplican los datos de actividad por los factores de emisión del IMN, para consumo de combustibles por subsector.</p>
	Transporte fuera de carretera	1	<p>Se aplicaron encuestas para el sector residencial, comercial e institucional, agropecuario e industrial para caracterizar el uso de transporte fuera de carretera. No se identifican vehículos eléctricos fuera de carretera a través de las encuestas.</p>	<p>Se multiplican los datos de actividad por los factores de emisión del IMN, para consumo de combustibles por subsector.</p>
Residuos	Residuos sólidos	1 y 3	<p>Se gestionó la recopilación de datos de residuos ordinarios llevados a relleno sanitario fuera de los límites del cantón a través de las personas responsables de la recolección municipal.</p>	<p>Se aplicaron los factores de emisión del IMN para cantidades de residuos ordinarios dispuestos en rellenos sanitarios.</p>
	Aguas residuales	1	<p>Se solicitó información de tratamiento de aguas residuales al Ministerio de Salud para obtener datos de operación de las plantas de tratamiento registradas y bajo control. Se obtienen datos sobre el uso de tanque séptico, alcantarillado y descarga directa a ríos en encuestas residenciales.</p>	<p>Para el cálculo de emisiones por tanque séptico y plantas de tratamiento ordinarias y especiales, se consolidaron los datos recopilados para aplicar los factores del IMN. Para PTAR aerobias se utilizan los factores de emisión reportados por el IPCC 2019.</p>

Cuadro 3.1. Metodología de recopilación y cálculo de emisiones por subsector.

Sector	Subsector	Alcance	Recopilación de información	Cálculo de emisiones
	Tratamiento biológico	1	Se aplicaron encuestas al sector agropecuario, comercial, residencial e industrial para determinar la cantidad de compostaje generado en cada caso, así como la cantidad de residuos orgánicos enterrados.	Se utilizaron factores de IMN para compostaje y los factores del IPCC 2019 para tratamiento por entierro de residuos.
	Incineración y quema a cielo abierto	1	Se aplicaron encuestas al sector agropecuario, comercial, industrial y residencial para determinar la cantidad de quemados de residuos realizadas por sector.	Se aplicaron los factores de emisión del IPCC 2019 para incineración de residuos.
<b>Procesos Industriales y Uso de productos</b>	Uso de productos	1	Se aplicaron encuestas al sector agropecuario, comercial, industrial y residencial para recopilar datos de procesos, utilización de refrigerantes, aires acondicionados y extintores.	Se aplicaron los factores de potencial de calentamiento global del IPCC, segundo reporte, para la estimación de emisiones.
<b>Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra</b>	Ganadería	1	Se aplicaron encuestas a productores agrícolas y ganaderos para obtener datos representativos sobre cantidad y características del ganado en el cantón. El MAG y SENASA brindan datos sobre cantidades, usos, edades y sexos del ganado bovino en el cantón e información sobre otro tipo de ganado.	Para la estimación de emisiones del sector pecuario se utilizaron los factores del IMN.
	Uso de la tierra	1	Información geográfica histórica para el año 2005 a 2020 brindada por la municipalidad. Además, se incluyó información de imágenes satelitales obtenidas a partir del SNIT.	Para la estimación por cambio de uso de suelo y emisiones o remociones forestales, se aplicaron los factores del IPCC 2019.
	Fuentes agregadas-uso de fertilizantes	1	Se aplicaron encuestas a productores agrícolas y ganaderos para obtener datos representativos sobre cantidad y características del fertilizante utilizado y extensión sembrada por tipo de cultivo. El MAG brinda información sobre la extensión sembrada por tipo de cultivo. Se utilizan los modelos de costo de producción publicados por el MAG y SEPSA en la plataforma InfoAgro para obtener la cantidad y características del fertilizante utilizado en casos que sea necesario.	Para cultivos determinados se aplicaron los factores del IMN. Adicionalmente, se estimó con base en los datos de consumo de fertilizantes por cultivo, los factores de emisión para otros productos no considerados en el compendio del IMN.

Fuente: elaboración propia

## 4 Resultados

A continuación, se presentan los resultados del inventario a nivel cantonal, calculados con base en la información recopilada que se menciona en el Anexo B. En el Cuadro 4.1 se muestra el resumen de la cantidad de las emisiones de GEI contabilizadas para cada sector, según los alcances considerados y la disponibilidad de datos que se tenía a la fecha de entrega del informe.

Cuadro 4.1. Resumen del inventario de emisiones y remociones de GEI para el 2021 por sector y alcance

Sector	Alcance 1 (tCO <sub>2</sub> e)	Alcance 2 (tCO <sub>2</sub> e)	Alcance 3 (tCO <sub>2</sub> e)	Emisiones totales (tCO <sub>2</sub> e)	Porcentaje (%)
Sector Energía Estacionaria	86 660,63	9 021,85	897,67	96 580,15	38,64
Sector Transporte	93 559,85	0,00	3 776,95	97 336,80	38,95
Sector Residuos	5 549,74	No aplica	22 819,24	28 368,98	11,35
Sector Procesos Industriales y Uso de Productos	8 057,16	No aplica	No aplica	8 057,16	3,22
Sector Agricultura Silvicultura y Otros Usos de la Tierra	19 587,96	No aplica	No aplica	19 587,96	7,84
Total de emisiones de GEI (tCO <sub>2</sub> e)				249 931,05	
Total de remociones de GEI (tCO <sub>2</sub> e)				-2 023,94	
Total de Emisiones Netas de GEI (tCO <sub>2</sub> e)				247 907,11	

Fuente: elaboración propia

En la Figura 4.1 se muestran los resultados de forma gráfica. Se observa, que los sectores de mayor contribución al inventario de GEI corresponden al sector Transporte, seguido por el sector Energía Estacionaria. En tercer lugar, se encuentra el sector Residuos seguido por el sector Agricultura, Silvicultura y Uso del Suelo (AFOLU) y en último lugar, se tiene al sector IPPU o Procesos Industriales y Uso de Productos. Seguidamente, se analizarán los resultados de cada sector con base a cada subsector que fue diagnosticado.

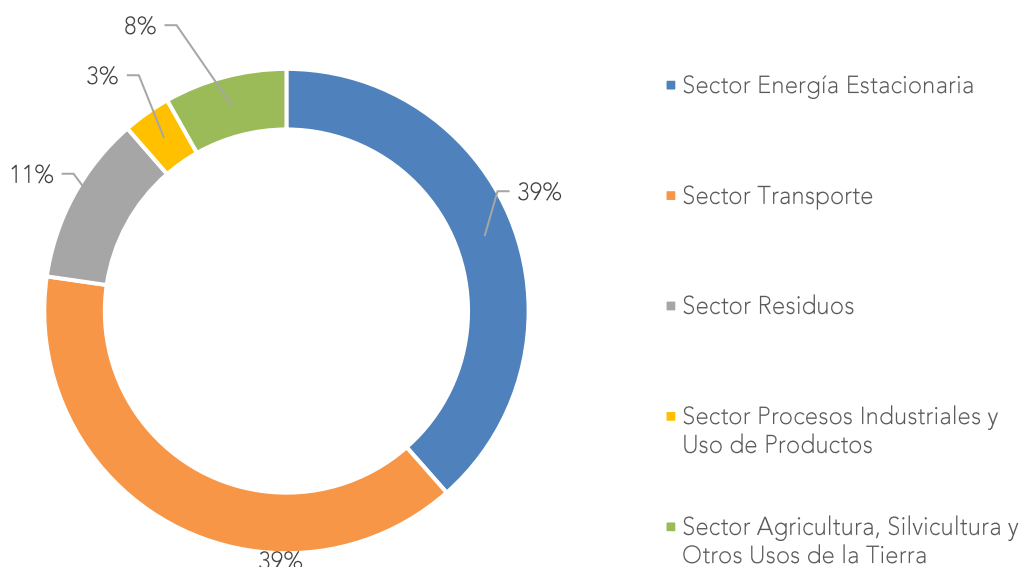


Figura 4.1. Distribución de emisiones de GEI 2021 por sector

Fuente: elaboración propia

### 4.1 Sector Energía Estacionaria

El consumo de energía en el cantón de Santa Ana se caracteriza por tener una alta demanda de energía asociada a procesos industriales o de construcción en el Alcance 1. Dentro de este sector, el consumo de Gas Licuado de Petróleo (GLP) se reporta como la fuente de GEI más significativa, con un total de 52 746 201.69 litros totales de este combustible consumidos durante el periodo de estudio en el sector industrial. De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de encuestas al sector, un 58 % de todos los equipos en la industria funcionan con GLP, donde el uso de este combustible se destina casi exclusivamente a impulsar equipos de tipo estacionario como hornos, cocinas o calderas.

De igual forma, este combustible representa el 89 % de todas las emisiones dentro del sector energía en el cantón para el año 2021 (Figura 4.2), superando con creces los consumos de gasolina, diésel e incluso energía eléctrica. Es importante subrayar que, según información brindada por el Ministerio de Salud, el diésel es el principal combustible utilizado en calderas registradas en el cantón, por lo que el consumo de GLP parece enfocarse en hornos u otros equipos industriales.

Según indican las encuestas aplicadas al sector industrial, si bien la totalidad de los generadores eléctricos reportados utilizan gasolina o diésel, el 58 % de los equipos como hornos, calderas o cocinas trabajan a partir de GLP, mientras un 42 % de los equipos utiliza electricidad (Figura 4.4 b), por lo que los datos obtenidos a través de encuestas parecen respaldar la información brindada por RECOPE de consumo de GLP y los datos de CNFL para consumo eléctrico. La distribución de equipos estacionarios en industrias se muestra en la Figura 4.4. Como se observa, un 50 % de los equipos reportados corresponde a hornos de tipo industrial.

Seguido al GLP, dentro del mismo sector industrial, el consumo eléctrico se coloca como el segundo combustible de mayor importancia (Figura 4.2). El consumo eléctrico en este sector durante el 2021 es de 33 851 597 kWh, esto según datos brindados por la CNFL. Un dato particular dentro del sector industrial en Santa Ana es el consumo de Keroseno en actividades industriales, para el cual se reporta un consumo de 146 511 L durante el 2021 según información brindada por RECOPE, contribuyendo con esto a la emisión de 370.63 tCO<sub>2</sub>e.

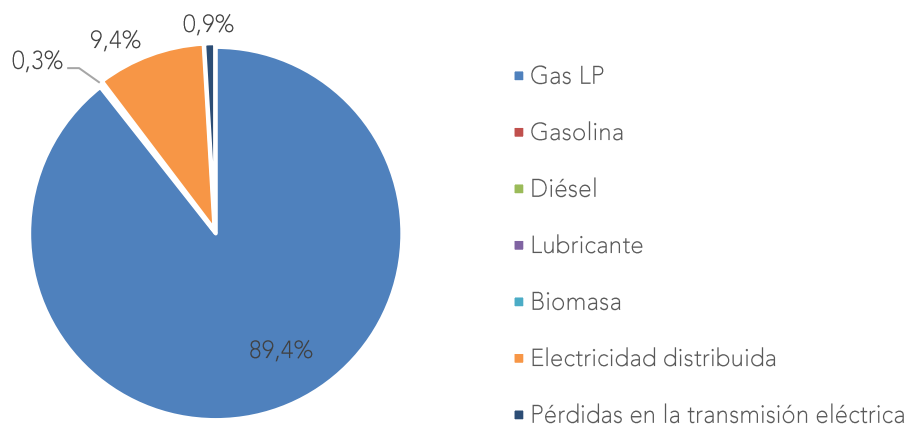


Figura 4.2. Distribución de emisiones de energía estacionaria por tipo de combustible consumido en Santa Ana durante el año 2021.

Fuente: elaboración propia

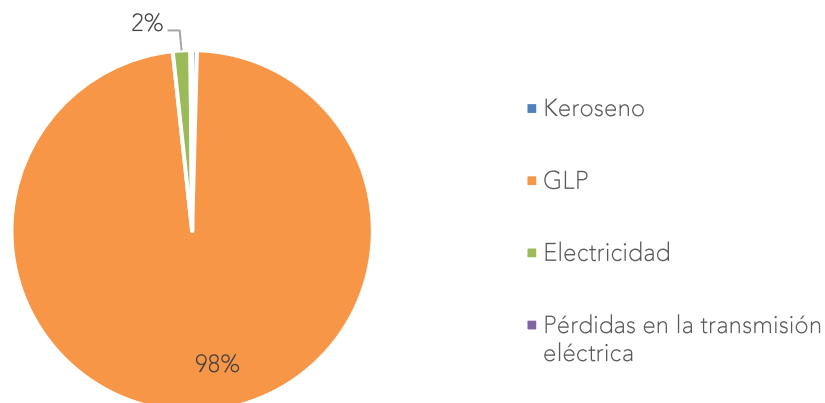


Figura 4.3. Distribución de consumo de combustible para el sector industrial en el 2021.

Fuente: elaboración propia.

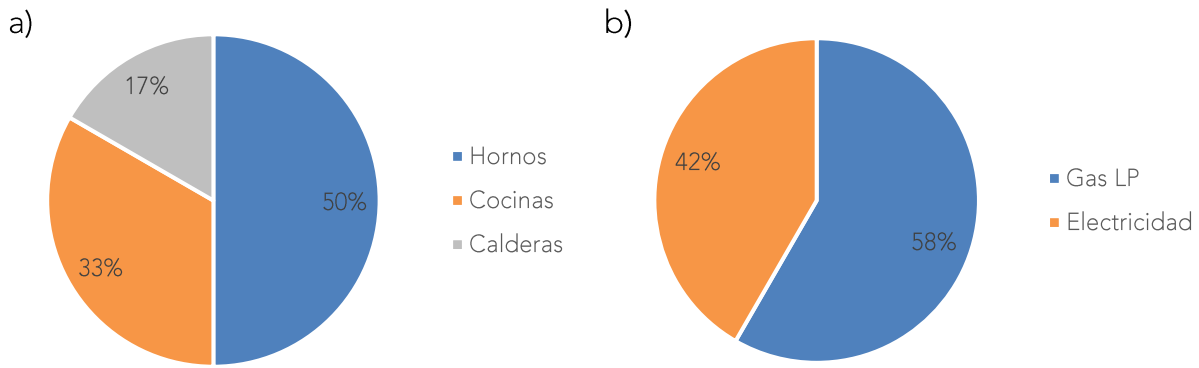


Figura 4.4. a) Distribución de equipos estacionarios en la industria b) Distribución de consumo de combustible en equipos estacionarios según encuestas a industrias 2021.

Fuente: elaboración propia.

Debe destacarse que, con excepción de los datos de consumo de Keroseno, los resultados obtenidos para consumos de combustible se desagregan a partir de datos reportados por RECOPE, utilizando los datos de encuestas aplicadas al sector industrial, por lo que los datos de litros totales de combustible consumido se dividen por la muestra calculada (de 43 industrias) para después multiplicarse por la población total (65 industrias), lo cual permite extrapolar los resultados obtenidos a todas las industrias en el cantón. Las encuestas de industria reportan resultados a un 90 % de confianza (error del 10 %), lo que se encuentra dentro del umbral permitido por el PPCN 2.0.

En menor importancia, se encuentra el uso de otros combustibles fósiles en actividades industriales tales como gasolina (ya sea sola) o lubricantes (en mezcla con gasolina). Estos combustibles representan menos de un 1 % de las emisiones generadas por consumo de combustibles en el 2021 (Figura 4.2). A pesar de que la mayoría de los equipos móviles como moto guadañas o motosierras funcionan con alguno de estos combustibles, la cantidad total de litros consumidos en el año para los mismos es insignificante en comparación a los consumos de GLP y electricidad en el sector industrial.

A nivel residencial, luego de encuestar a 354 viviendas en el cantón, se estimó un consumo anual de 449 858.66 litros de Gas LP para distintos fines, siendo la principal aplicación la cocción de alimentos, con consumos que van desde medio cilindro de 10 lb del GLP al mes, hasta 2 cilindros de 40 lb mensualmente. Además del consumo de GLP, las viviendas en el cantón reportan el uso de gasolina, diésel, mezclas u otros combustibles para equipos estacionarios como motosierras, moto guadañas, cortadora de césped, secadoras de ropa y plantas generadoras, siendo los equipos principalmente de gasolina y mezcla con lubricante (Figura 4.5 a). En menor medida, un 2 % de los hogares encuestados reportaron el uso de leña o biomasa en equipo estacionario como cocinas, con un consumo anual para este combustible de 94 352.67 kg. Las encuestas al sector residencial presentan un nivel de confianza del 94 %.

El sector agrícola y ganadero, por su parte, reporta consumos de diésel incluidos dentro del sector residencial para el año 2021, al no presentarse datos suficientes para desagregar la información a partir de encuestas. El uso de gasolina en el sector agrícola, por otro lado, se concentra en actividades de mantenimiento de las fincas, como el uso de moto guadañas y motosierras, así como el uso del combustible en bombas para fumigar o bombas de riego (Figura 4.5 b). El uso de GLP, por su parte, se dedica a actividades como la cocción, particularmente en fincas en las que se tiene ranchos o residencias. Las encuestas al sector agropecuario se presentan con un nivel de confianza del 90 %.

Por otro lado, el uso de combustibles en el sector comercial e institucional se concentra en el uso de generadores eléctricos, equipo móvil y estacionario, los cuales reparten sus consumos de combustible entre GLP, diésel y gasolina. El consumo de GLP en el sector para el año 2021 es el de mayor importancia (Figura 4.5 c), con 129 748.54 litros de combustible utilizado principalmente en hornos y cocinas para la cocción de alimentos en sodas, restaurantes e instituciones. Las encuestas del sector comercial e institucional poseen un nivel de confianza del 90 %.

Además del uso de combustibles fósiles, se registra en el cantón el uso de combustibles renovables tales como biomasa. El principal consumo se da en el subsector residencial, donde se utiliza la leña en cocinas tradicionales. Según la información obtenida a través de encuestas, se consumieron alrededor de 94 352.67 kg de leña en el año de estudio, lo cual representa un total de 11.10 tCO<sub>2</sub>e aportadas por la liberación de CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O y un total de emisiones biogénicas de 164.85 tCO<sub>2</sub>e, siendo estas las emisiones procesadas por el ciclo del carbono (ver sección 4.6.4 más adelante).

El consumo de biocombustibles se registra de igual forma en los sectores comercial, industrial y agropecuario, donde se menciona su uso en hornos y cocinas, así como en calderas y equipos para la generación de energía en industrias. La Figura 4.6 muestra la distribución de equipos de biomasa por sector. A pesar de los consumos identificados, los cálculos de emisiones asociadas al uso de biomasa se logran únicamente en el sector residencial, siendo esta la única encuesta que brinda información suficiente para realizar las estimaciones necesarias.

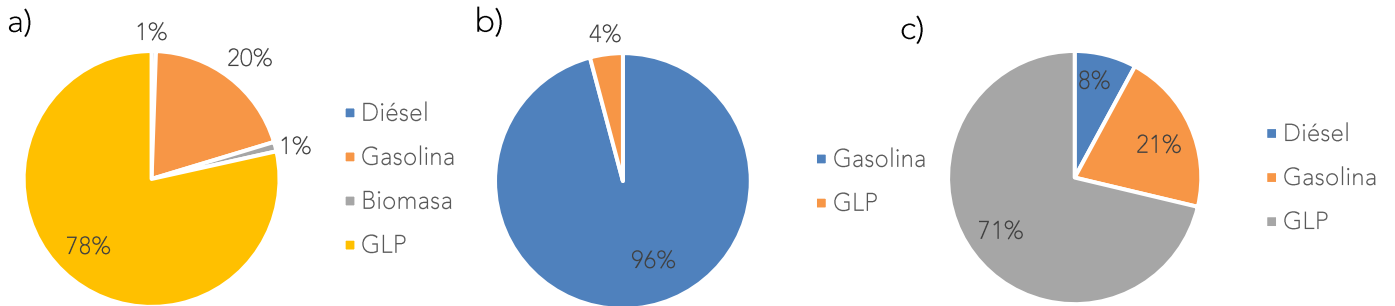


Figura 4.5. Distribución de emisiones asociadas al consumo de combustibles fósiles en el sector a) residencial, b) agrícola y c) comercial. Fuente: elaboración propia.

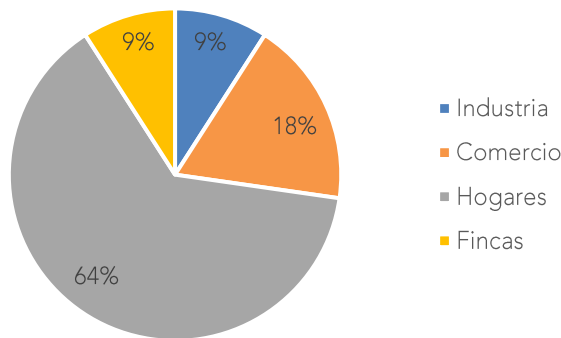


Figura 4.6. Distribución de equipos de biomasa (leña) en Santa Ana al año 2021. Fuente: elaboración propia.

El Cuadro 4.2 resume las emisiones biogénicas asociadas al uso de estas biomasa. Es importante destacar que el aporte de emisiones del CO<sub>2</sub> no se suma al inventario total, al ser parte del ciclo del carbono, mientras que el aporte de emisiones brindado por el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O, sí es incluido en el total de emisiones de energía estacionaria para el cantón. Si bien las emisiones asociadas al uso de biomasa representan menos de un 1% de las emisiones totales por energía en el cantón (Figura 4.2) estas superan las emisiones generadas por el uso de lubricantes.

Cuadro 4.2. Total de emisiones biogénicas liberadas por uso de leña y biogás en el cantón (tCO<sub>2</sub>e)

Total de emisiones biogénicas	175.95	Alcance 1	175.95
		Alcance 3	0.00

Fuente: elaboración propia.

El consumo total de electricidad anual del cantón, con base en los datos reportados por CNFL, es de 225 378 398.40 kWh. A nivel sectorial, las residencias en el cantón son las que muestran los mayores consumos de energía eléctrica, ocupando un 44 % del consumo total. Seguido se encuentra el consumo en comercios, con un 40.78 % del total de consumo e industrias, con un 15 %, mientras que el consumo de electricidad en el sector agropecuario no es significativo en comparación a los otros sectores, con apenas un 0.06 % del aporte total. El resultado se muestra en la Figura 4.7.

Este comportamiento coincide con las poblaciones encontradas para cada sector. En el caso de hogares, el total de residencias, obtenido a través de un diagnóstico municipal, es de 14 235 hogares. Con base en la información recopilada, se estima un consumo promedio por hogar de 6 997.57 kWh/año. El total de comercios e instituciones, por su parte, es de 2 242, siendo que los comercios se detectan a través de los registros de patentes y las instituciones se obtienen de registros municipales. Las industrias detectadas son 65, obtenidas, de igual forma, a través de



patentes. La única excepción encontrada a la tendencia es la del sector agropecuario, que, a pesar de ser el tercero en tamaño, es el de menor consumo. Sin embargo, siendo que este sector se compone de fincas ganaderas o agrícolas, las cuales requieren pocos consumos eléctricos, es esperable que los consumos para el sector sean los menores.

Es importante destacar que a diferencia de los otros sectores (cuyos consumos eléctricos son dados de forma directa por la CNFL), los consumos eléctricos del sector agrícola se obtienen a partir de las encuestas a fincas agropecuarias. Esto se debe a que no existe en la empresa distribuidora una tarifa "Agrícola", siendo que los consumos de este sector usualmente se encuentran contenidos en la tarifa Residencial o Comercial.

Para evitar la doble contabilidad, los datos de consumo eléctrico en fincas que se obtiene a través de encuestas se clasifican por tarifa, ya sea comercial o residencial. De esta manera, es posible estimar los consumos y restarlos a los datos reportados por la CNFL. Para estimar los kWh consumidos en cada caso, se toma el pago mensual reportado por los finqueros y se convierte a energía consumida mensualmente (kWh/mes) haciendo uso de las tarifas residencial y comercial reportadas por la CNFL para el 2021. Este dato se multiplica por 12 meses para estimar el consumo anual. La Figura 4.8 muestra la repartición por tarifa en el sector agropecuario.

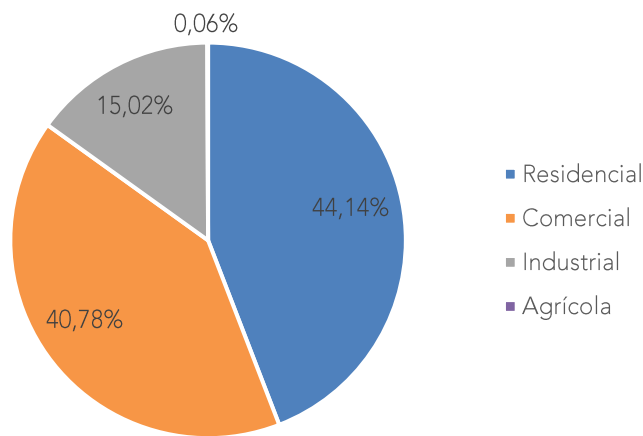


Figura 4.7. Distribución del consumo de electricidad por sector en el cantón de Santa Ana para 2021.

Fuente: elaboración propia basado en datos del CNFL.

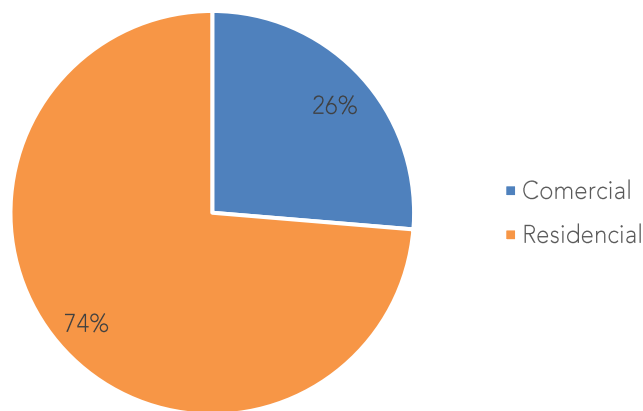


Figura 4.8. Tipo de tarifa en el sector agropecuario.

Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente, se consulta a CNFL por datos sobre actividades que se llevan a cabo en las plantas eléctricas de Brasil y Parque Eólico de Santa Ana. Estos reportan datos sobre emisiones asociadas a consumo eléctrico y consumo de combustible, así como uso de productos en las plantas. Se registra una emisión de 1.68 tCO<sub>2e</sub> por el uso de combustibles en equipos mayores y menores y 6.71 tCO<sub>2e</sub> por el uso de electricidad, estos se reportan dentro del sector de industrias energéticas.

Luego de considerar todas las actividades dentro del cantón, se calculan las emisiones de GEI del sector de Energía Estacionaria. En la Figura 4.9 se muestra la distribución de dichas emisiones. Una vez sumados los aportes de consumos de combustibles fósiles y consumos eléctricos, el subsector que más aporta en emisiones corresponde a construcción e industrias manufactureras, el cual es responsable de un 34.64 % del inventario total de emisiones (Figura 1.1), mientras que el subsector residencial se coloca en segundo lugar en la liberación de emisiones dentro del sector energía estacionaria seguido de cerca por edificios comerciales.

Siendo que un 89 % de todas las emisiones estacionarias generadas en el cantón provienen del uso de GLP, se identifica la quema de este combustible como la principal fuente de emisiones del sector energía estacionaria, destacando la importancia de orientar acciones de reducción destinadas a la disminución del consumo de GLP en residencias, comercios e industrias.

Como parte del alcance 3, se consideran las emisiones por pérdidas en la transmisión y distribución de la energía eléctrica suministrada por red, reportadas por el CNFL como un 9.95 % de pérdidas acumuladas, lo que corresponde a un total de 22 441 842.56 kWh de energía disipada en la red.

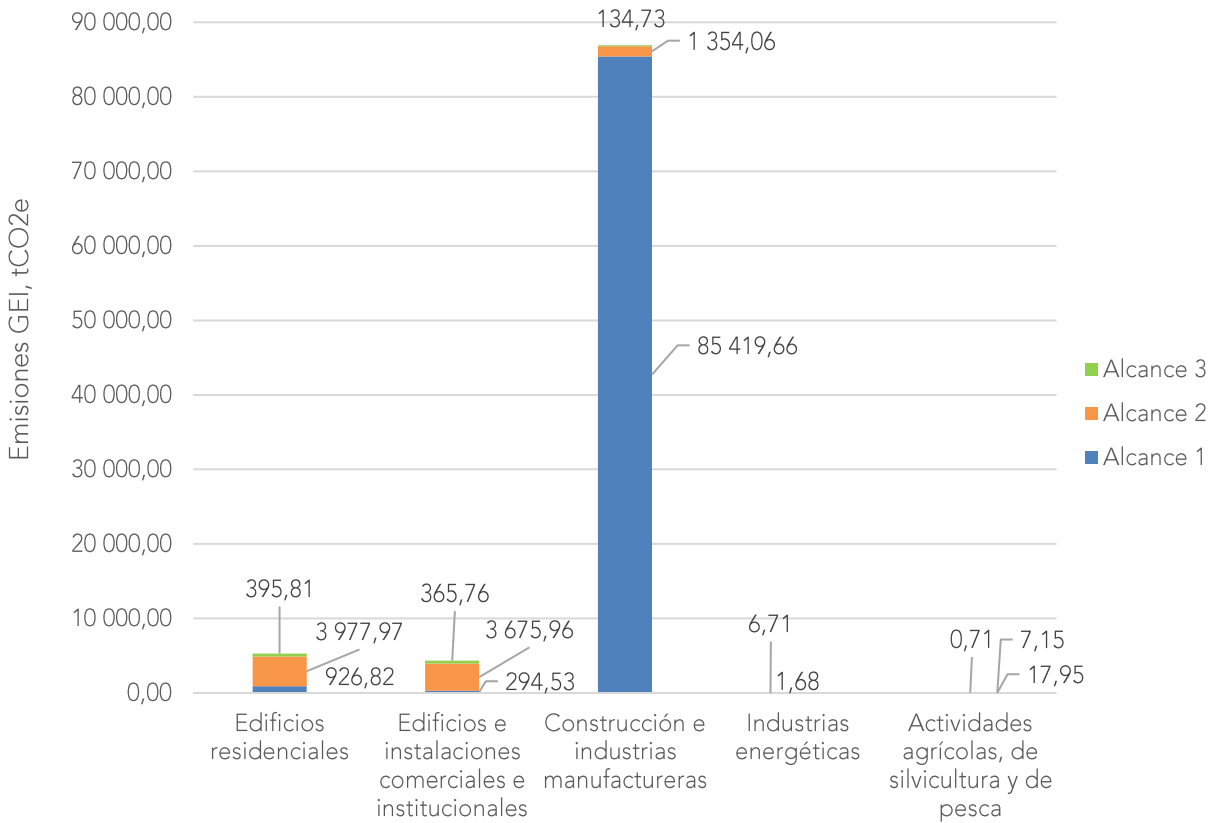


Figura 4.9. Distribución de emisiones GEI 2021 del sector energía estacionaria.  
Fuente: elaboración propia.

## 4.2 Sector Transporte

Con base en las encuestas realizadas para el sector residencial en el 2021, se concluye que en el cantón de Santa Ana existen al menos 12 586 vehículos privados en uso, esto basado en una muestra de 354 hogares, de los cuales, un 46 % reportó tener algún tipo de vehículo en uso y un 29 % reportó el uso de vehículos propios (automóviles 27 %, motocicletas, 2 %) como principal medio de transporte.

La Figura 4.10 muestra los principales medios de transporte utilizados por las personas encuestadas. Si bien, como se menciona, el uso de vehículos particulares se posiciona como uno de los principales medios de transporte, el uso del transporte público, particularmente el bus, se muestra como el más importante en el cantón, con un 38 % de las personas encuestadas moviéndose a través de estos servicios. De acuerdo con encuestas a hogares, entre el uso de vehículos propios y el uso del bus, se cubren las necesidades de transporte de un 65 % de la población en Santa Ana.

Debe destacarse la relación entre las principales formas de movilidad indicadas y las principales problemáticas identificadas por la población a nivel transporte. La caminabilidad registrada, por ejemplo, podría considerarse alta para Santa Ana, siendo este el principal medio de transporte de un 11 % de la población. Al preguntarse por los principales obstáculos que enfrenta el cantón para lograr una movilidad más rápida y sostenible, un 28 % de las personas indicó la necesidad de mejorar el estado de las aceras peatonales, o bien, la necesidad de construcción de aceras, siendo esta la necesidad de mayor importancia identificada, superando incluso al estado de calles y carreteras (26 %). La Figura 4.11 resume las principales necesidades identificadas para lograr una movilidad sostenible.

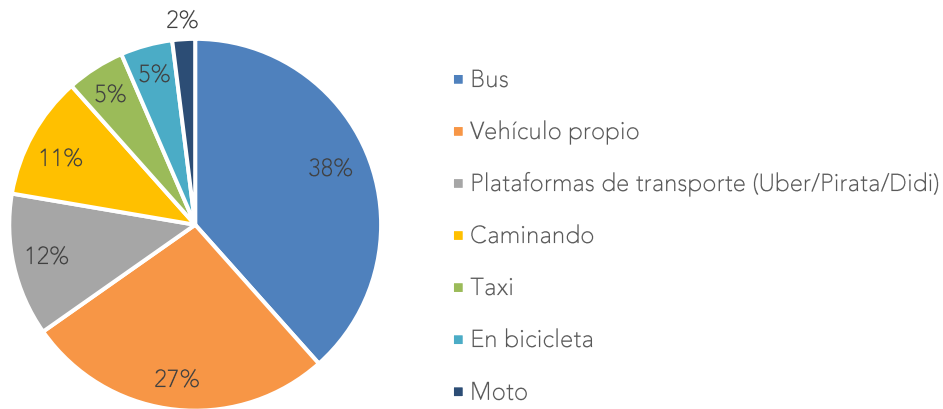


Figura 4.10. Principales medios de transporte identificados en Santa Ana en el 2021.  
Fuente: elaboración propia

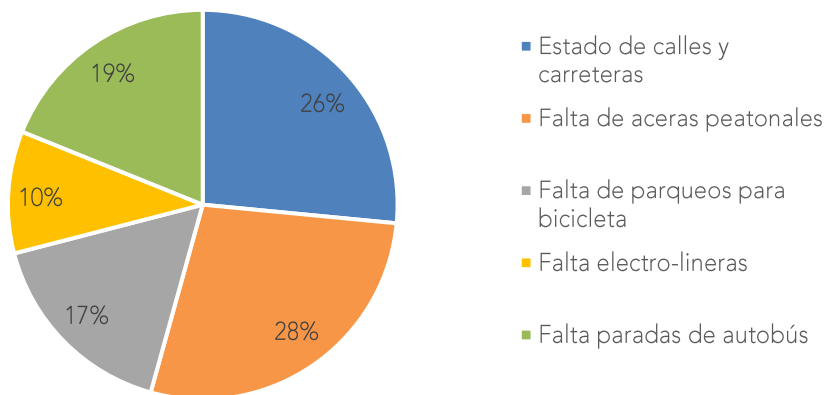


Figura 4.11. Principales retos para lograr una movilidad ágil y sostenible en Santa Ana en el 2021.  
Fuente: elaboración propia

Seguido a estos, un 19 % de los habitantes mencionó la necesidad de paradas de buses, ya sea mejorar el estado de estas, cambiar el lugar de la parada o aumentar la cantidad de paradas y frecuencia del servicio, lo cual, si se considera que el transporte público es la principal forma de movilización de un 38 % de los habitantes, se vuelve una de las acciones de mayor importancia para el cantón. Sumado a esto, un 12 % de las personas encuestadas mencionaron estar dispuestos a utilizar más el transporte público (y con esto, utilizar en menor medida el vehículo particular) si se generan las mejoras necesarias y se considera la necesidad de mejorar horarios, rutas y costos del servicio.

Por su parte, un 17 % de la población considera que la falta de facilidades para el ciclismo en el cantón es un obstáculo para disminuir el uso de vehículo particular y migrar a formas más sostenibles de transporte. Considerando esto, acciones orientadas al ciclismo podrían tener un impacto significativo sobre aquellos habitantes que se mueven en alcance 1 (usualmente dentro de los límites del cantón), los cuales representan un 63 % de la población encuestada (Figura 4.13). Aunado a ello, un 31 % de las personas consultadas resaltaron que estarían dispuestos a dejar de utilizar el vehículo y comenzar a utilizar bicicletas para trasladarse.

A pesar de lo mencionado anteriormente, debe destacarse que si bien una porción importante de las personas encuestadas responde positivamente a la influencia que tendría la instalación de ciclo parqueos o ciclo vías, la mayor parte de los habitantes en el cantón (42 %) no cree que sea factible la construcción de ciclovías o el uso de la bicicleta como uno de los principales medios de transporte, debido a la condición general de las calles y carreteras (en particular, lo estrechas que son las calles alternas o cantonales) así como debido a la velocidad y volumen de los vehículos que transitan en el cantón, ambos factores que afectan no solo la dinámica vehicular, sino también la capacidad de la población para considerar el migrar a otras formas de transporte alternativo.

Sobre esta línea, la seguridad y educación vial también se mencionan como un factor de peso. En muchos casos, cuando se pregunta por obstáculos para el uso de bicicleta o la caminabilidad como principales medios de transporte, la percepción de seguridad junto con la falta de comodidad y las distancias de viaje se presentan como algunos de los principales impedimentos.

Si bien el uso de transporte público se identifica como uno de los principales medios de transporte para las personas que se mueven dentro del cantón, las emisiones por vehículos en carretera se colocan como la principal fuente de emisiones de GEI en Santa Ana. Se encuentran

dos motivos principales: Los consumos de combustible reportados por personas con vehículos en el cantón y los patrones (y motivos) por los que las personas se desplazan.

En el primer caso, los datos reportados por encuesta a hogares revelan que el promedio de consumo mensual de combustible ronda los 76.48 L/mes de gasolina y 178.35 L/mes de diésel, siendo estos los principales combustibles consumidos. De igual forma, la encuesta a hogares revela una distancia recorrida promedio de 15.59 km/día. Estos datos permiten calcular las eficiencias de consumo de combustibles en alrededor de 0.26 L/km para el cantón. A nivel nacional, los promedios urbanos reportados por RECOPE<sup>3</sup>, rondan los 0.14 L/km, evidenciando eficiencias mucho menores en el consumo de combustibles dentro de Santa Ana y, con esto, mayores emisiones de GEI en el sector transporte.

Los mayores consumos de combustible en el cantón pueden tener diferentes motivos, tales como conducción ineficiente, incluyendo necesidades de frenar y acelerar constantemente por congestionamientos u obstáculos en la carretera, lo cual se relaciona de forma directa con algunos de los retos mencionados en la Figura 4.11. Otros motivos pueden incluir falta de mantenimiento en vehículos, como mal estado en neumáticos o necesidad de cambios de aceite, entre otros. Una opción por considerar es la capacitación de los habitantes, en comercios o instituciones, en conducción eficiente, lo cual se puede coordinar con entidades como RECOPE, quienes ofrecen este tipo de servicios.

Otro motivo por el cual el transporte terrestre se posiciona como la principal fuente de emisiones de GEI en el cantón, es las distancias y motivos por los que la población se desplaza. Según muestra la Figura 4.12 un 37 % de la población se moviliza principalmente por motivos laborales y, según muestra la Figura 4.13, un 37 % de la población se desplaza en Alcance 3, es decir, fuera de los límites del cantón, al menos cinco días a la semana, por lo que se podría concluir que es esta actividad (uso de vehículos para llegar al lugar de trabajo) la que genera la mayor cantidad de emisiones en el cantón.

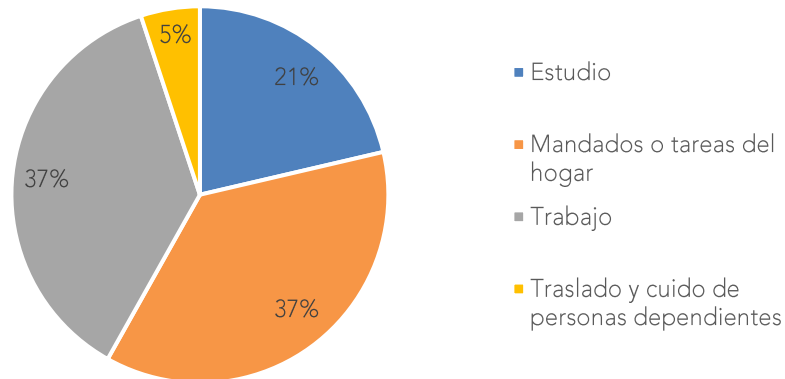


Figura 4.12. Principales motivos por el cual las personas se movilizan en Santa Ana en el 2021.  
Fuente: elaboración propia

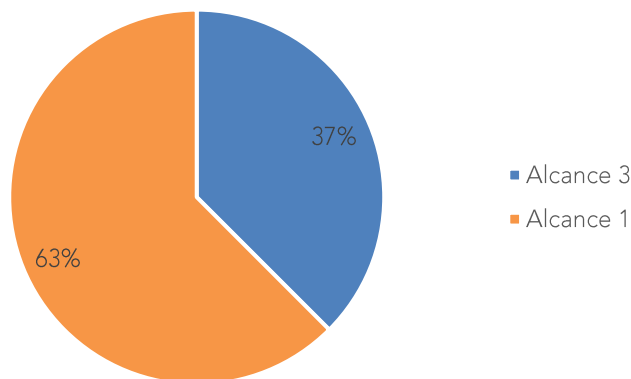


Figura 4.13. Distribución de la movilidad en alcance 1 o alcance 3 en Santa Ana 2021.  
Fuente: elaboración propia

Como se ha mencionado, según los resultados de la encuesta realizadas, aquellas personas que se mueven en Alcance 3 se desplazan 15.59 km en promedio al día. La Figura 4.14 muestra los destinos a los que las personas se desplazan fuera del cantón. Como se muestra, San José es el

<sup>3</sup> RECOPE. (2018). *Plan de descarbonización del sector Transporte Terrestre*. San José, Costa Rica: RECOPE.

destino principal para un 61 % de la población, mientras que Escazú y Heredia (particularmente, Belén), se muestran en posiciones casi iguales. Estas condiciones de movilidad, sumado a lo que un 19 % de la población considera como falta de paradas de autobús (Figura 4.11), incentivan el uso del vehículo particular en el día a día, contribuyendo a las altas emisiones de GEI del sector y la congestión vehicular. Dado que es casi imposible fomentar el uso de bicicleta o la caminabilidad en este escenario, asegurar un sistema robusto, eficiente y cómodo de autobuses se vuelve de vital importancia para disminuir las emisiones en el sector Transporte.

De igual forma, caracterizar la movilidad de los habitantes del cantón ayuda a segregar la información disponible sobre consumo de combustible en alcance 1 y alcance 3. Para lograr esto, se parte de la información mostrada en la Figura 4.13. Sabiendo la cantidad de gasolina y diésel consumidas en el transporte (información obtenida a través de encuestas y restada de los datos globales brindados por RECOPE, para evitar doble contabilidad), se calcula la porción de combustible consumido por las personas que se movilizan en el alcance 1.

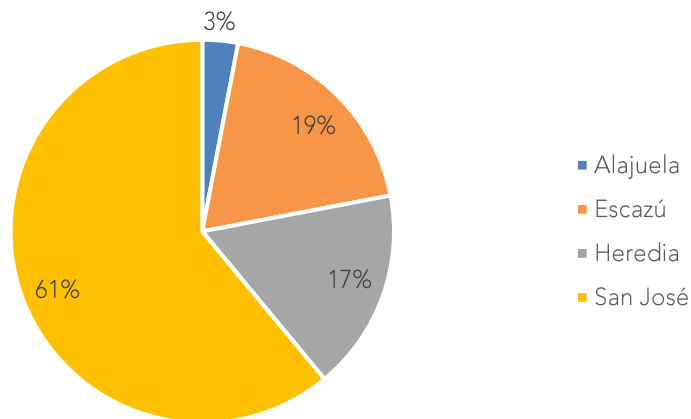


Figura 4.14. Principales destinos de Alcance 3 en Santa Ana 2021.

Fuente: elaboración propia

El alcance 3 es un poco más complejo. Cuando una persona se desplaza fuera del cantón, una porción del viaje que realiza es dentro de los límites de la ciudad, es decir, una parte del viaje es en alcance 1 y otra parte en alcance 3. Para poder determinar qué porcentaje del combustible consumido en los viajes transfronterizos es alcance 3 y alcance 1, se considera las distancias a recorrer según los principales lugares de origen y destino. Como muestra la Figura 4.15, el principal lugar de origen indicado por los encuestados es el distrito Santa Ana, mientras que los principales destinos son San José, Escazú, Heredia y Alajuela (Figura 4.14). Este punto de origen y los destinos mencionados se toman como representativos para todos los movimientos intercantonales.

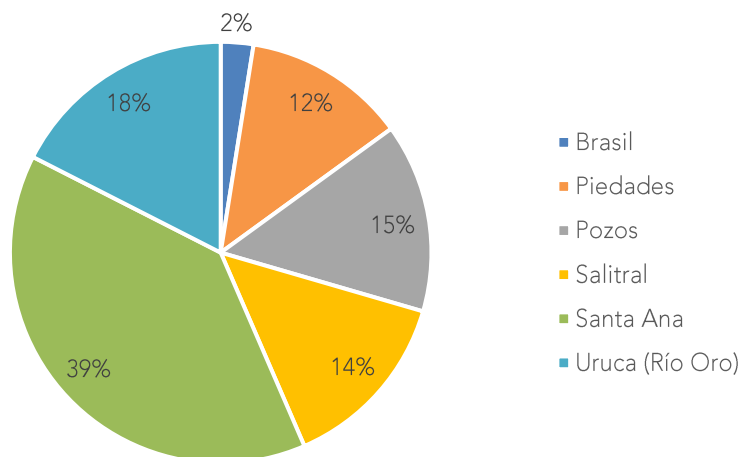


Figura 4.15. Principales lugares de origen en viajes de alcance 1 y alcance 3 en Santa Ana 2021.

Fuente: elaboración propia

Para los principales destinos, se decide calcular la distancia total del viaje haciendo uso de Google Maps. Después, haciendo uso de la misma herramienta, se encuentra el límite del cantón y se calcula la porción de la distancia en alcance 1 y, por diferencia, la porción de la distancia en alcance 3. Ya con esta información, lo siguiente a considerar es el peso que tiene cada uno de los destinos en el cantón. Esta distribución porcentual se toma de la Figura 4.14.

Por último, se calcula la distribución porcentual de alcance 1 y 3 que debe aplicarse al cálculo. Para obtener esa estimación total, se calcula el porcentaje que representa la porción del viaje en alcance 1 y alcance 3 en cada caso y se multiplica por el peso porcentual de cada destino. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.3.

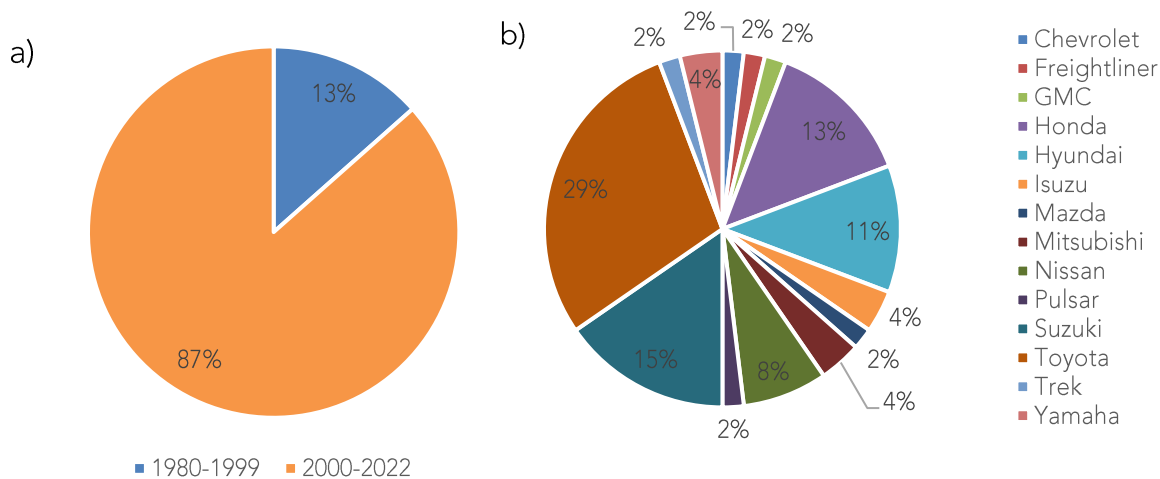
Ya con esta información, se multiplica el total de combustible consumido en el alcance 3 por un 63 % para estimar el total de combustible que realmente se consume fuera del cantón, mientras que el 37 % restante se suma al total de combustible consumido en alcance 1 que se había calculado anteriormente.

**Cuadro 4.3. Distribución porcentual de gasto de combustible en alcance 1 y 3 para viajes transfronterizos en Santa Ana 2021**

Origen	Destino	Peso porcentual (%)	Distancia total (km)	Porción dentro de alcance 1 (km)	Porción dentro de alcance 3 (km)	% de alcance 1	% de alcance 3
Santa Ana	Alajuela	3%	14.3	4.1	10.3	29%	71%
Santa Ana	Escazú	19%	6.2	4.5	1.7	73%	27%
Santa Ana	Heredia	17%	20	15	5	75%	25%
Santa Ana	San José	61%	15.3	2.5	12.8	16%	84%
Distribución porcentual por utilizar en el cálculo						37%	63%

Fuente: elaboración propia

De igual forma, con el objetivo de seleccionar los factores de emisión más adecuados, se realiza una caracterización del parque vehicular a partir de la información proporcionada en encuestas. Como muestra la Figura 4.16, un 87 % de los vehículos en el cantón son de años superiores al 2000, siendo los vehículos "Toyota" los más comunes, motivo por el cual se selecciona trabajar con el factor para gasolina con catalizador para transporte terrestre.



**Figura 4.16. Edad del parque vehicular a) y b) tipos de vehículos más utilizados en Santa Ana 2021.**

Fuente: elaboración propia

Además de los consumos identificados en vehículos residenciales, las encuestas aplicadas a comercios e instituciones, industrias y fincas, permiten identificar el uso de combustibles en vehículos de trabajo. La aplicación de encuestas también permite identificar el uso de vehículos fuera de carretera, tales como tractores, chapulines o montacargas. En este subsector, destaca el uso de diésel en vehículos de trabajo en el sector comercial, con un consumo de 116 946.25 Litros anuales. A pesar de que sí se incluyen en el formulario de encuesta, no se identifican vehículos eléctricos fuera de carretera.

Por último, se identifica que no existen actividades de transporte ferroviario, navegación marítima, fluvial o lacustre o aviación. En el primer caso, si se visitan las páginas e itinerarios del INCOFER, se evidencia que no existen paradas dentro del cantón de Santa Ana. En el caso de navegación, se adjunta al inventario la declaratoria de ríos navegables en el territorio nacional, en la cual se evidencia que ninguno de los espacios autorizados para navegación se encuentra en Santa Ana. Una dinámica similar se sigue con aviación, donde el mapa de aeródromos de la Dirección General de Aviación Civil muestra que no existen aeropuertos o aeródromos en el cantón.

Con base en todos los datos presentados, se estiman las emisiones de GEI para el transporte en Santa Ana. Los resultados se presentan en la Figura 4.17. Según se observa, la mayor fuente de

emisiones en el sector transporte, corresponde a la flota vehicular por carretera (vehículos particulares, autobuses, taxis y motocicletas, vehículos institucionales, entre otros). Si los resultados de la Figura 4.17 se comparan contra lo reportado en la Figura 4.1, se puede concluir que es de hecho este subsector (transporte por carretera), el responsable de casi un 42 % de las emisiones totales en el cantón y, por tanto, debe ser el principal sector sobre el que se concentren esfuerzos de mitigación.

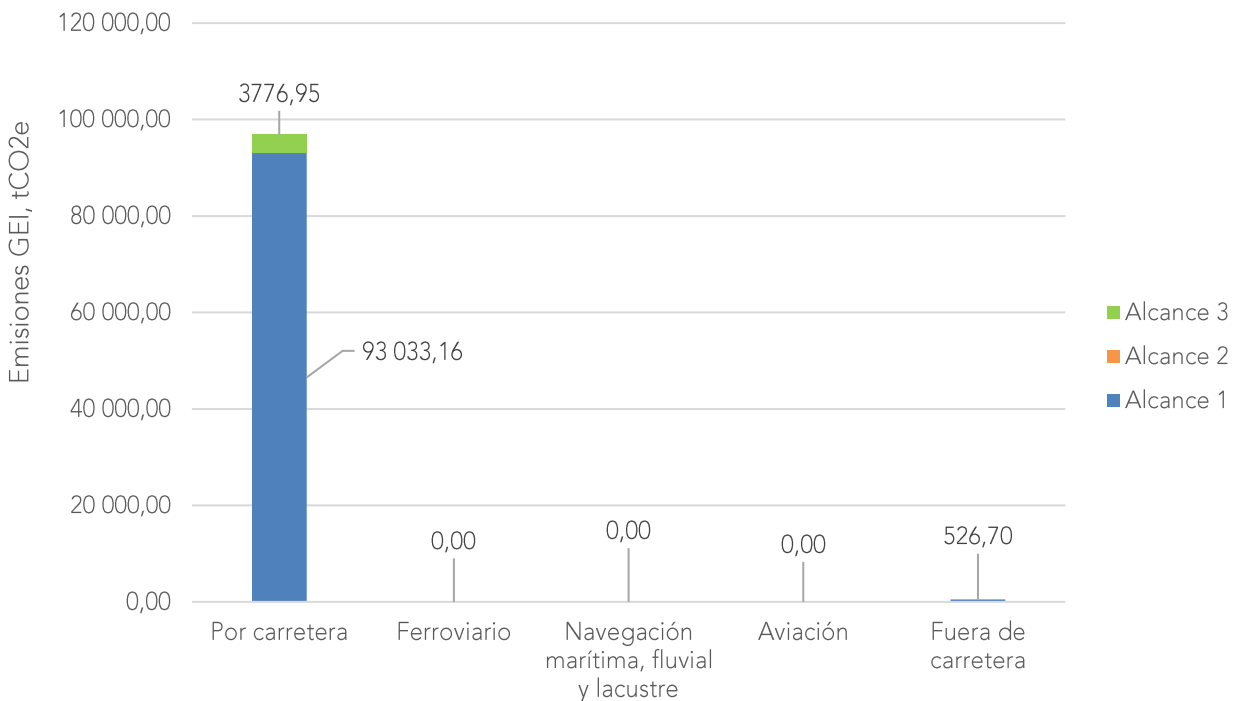


Figura 4.17. Distribución de emisiones de GEI, para el sector transporte de Santa Ana en el año 2021.  
Fuente: elaboración propia

#### 4.2.1 Conteos vehiculares para la Municipalidad de Santa Ana

De forma complementaria para analizar el comportamiento de la flota vehicular en el cantón, se realizaron conteos vehiculares por parte de la Unidad de Gestión Municipal (UGM) del LANAMME la Universidad de Costa Rica (UCR), entre el 16 de junio y 5 de julio de 2023.

El trabajo realizado por el LANAMME considera siete lugares que permiten contabilizar el volumen vehicular que transita por el cantón de Santa Ana, entre los cuales presentan diferentes configuraciones geométricas, de manera tal que la cantidad de contadores vehiculares instalados varía en cada uno de ellos. A continuación, en la Figura 4.18. se detallan estos sitios, mostrando su ubicación aproximada en las rutas principales de ingreso, movilización y salida del cantón.

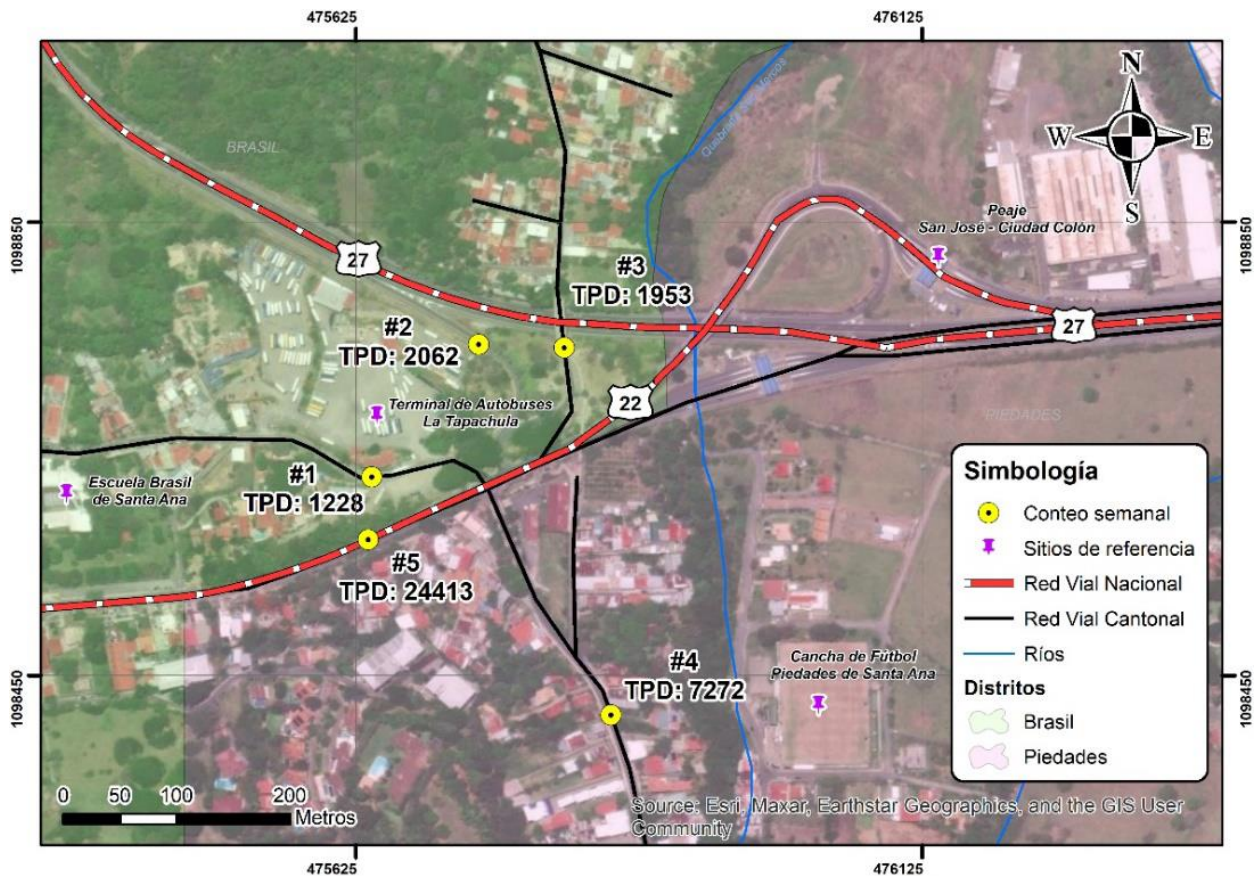


Figura 4.18. Ubicación de contadores en Radial Colón.  
Fuente: Oficio EIC-961-2023. LANAMME-Municipalidad de Santa Ana

Los resultados de este primer sector demuestran un alto volumen de vehículos que se movilizan por medio de la ruta 22, siendo esta el principal ingreso al cantón de Mora (tránsito promedio diario TPD: 24 413). De acuerdo con la metodología de cálculo utilizada para las emisiones de GEI con base en las cantidades de combustible expendido en los límites del cantón, las emisiones asociadas a los viajes de tránsito que tuvieron origen y destino fuera del cantón no son consideradas en la cuantificación de emisiones, a menos que el combustible de esos vehículos fuera registrado dentro del cantón.

En mucho menor escala se encuentra la ruta de ingreso y salida de la comunidad de Piedades (TPD: 7 272) y en tercera magnitud las rutas de la comunidad de Brasil de Santa Ana. La composición promedio de vehículos en estas rutas se compone en 90% de vehículos livianos, casi un 10% en pesados y adicionalmente un 15 % de motocicletas que transitan por este lugar.

En el segundo sector de estudio se realizaron conteos en una vía cantonal secundaria de salida hacia la ruta nacional 27 en dirección a San José (Calle Gavilanes). Esta ruta presenta un volumen de tránsito moderado (TPD: 2 050), con una composición mayoritaria de vehículos livianos (91%), de carga liviana principalmente (9%) y motocicletas (9%).

El tercer sector de estudio incluye el cruce de varias vías cantonales con la ruta nacional 121 en el sector de Río Oro (Isabel la Católica). Esta vía es una conexión transversal de alto tránsito entre el sector central de Santa Ana y el centro de Piedades hacia el cantón de Mora (TPD: 17 823), además de facilitar el acceso a las comunidades del distrito de Uruca. Los resultados demuestran que más del 97% de los vehículos de tránsito son livianos y de carga liviana. Por las características de diseño de la ruta y la conectividad, puede ser de interés evaluar una potencial ciclovía que una el centro del distrito de Piedades con el centro de Santa Ana.

La ruta 121 fue evaluada también en el sector del Alto de las Palomas, siendo una importante vía de conexión con el cantón de Escazú (TPD: 14 640). En promedio el 92% de los vehículos son livianos.

Los resultados del sector de la Radial Lindora hacia Alajuela presentan resultados de alto tránsito tanto en ruta nacional 147 (TPD: 23 101) como en vías cantonales (TPD: 9 513 y 4 317), las cuales movilizan vehículos que se desplazan principalmente desde o hacia destinos fuera del cantón.

El sexto sector de estudio fue cercano al centro de Pozos de Santa. La conexión de la ruta 310 con el ingreso desde la ruta 27 representa un alto volumen de movilización (TPD: 17 221). Por la conectividad con centros de trabajo del sector de Lindora esta ruta podría ser de interés para una ruta de ciclovía a conexión con el centro de Santa Ana, sin embargo, las condiciones de diseño de vía pueden tener limitantes importantes. En la ruta 147 como ruta de acceso principal se registran altos volúmenes de tránsito (TPD: 21634) con vehículos pesados de 8%.



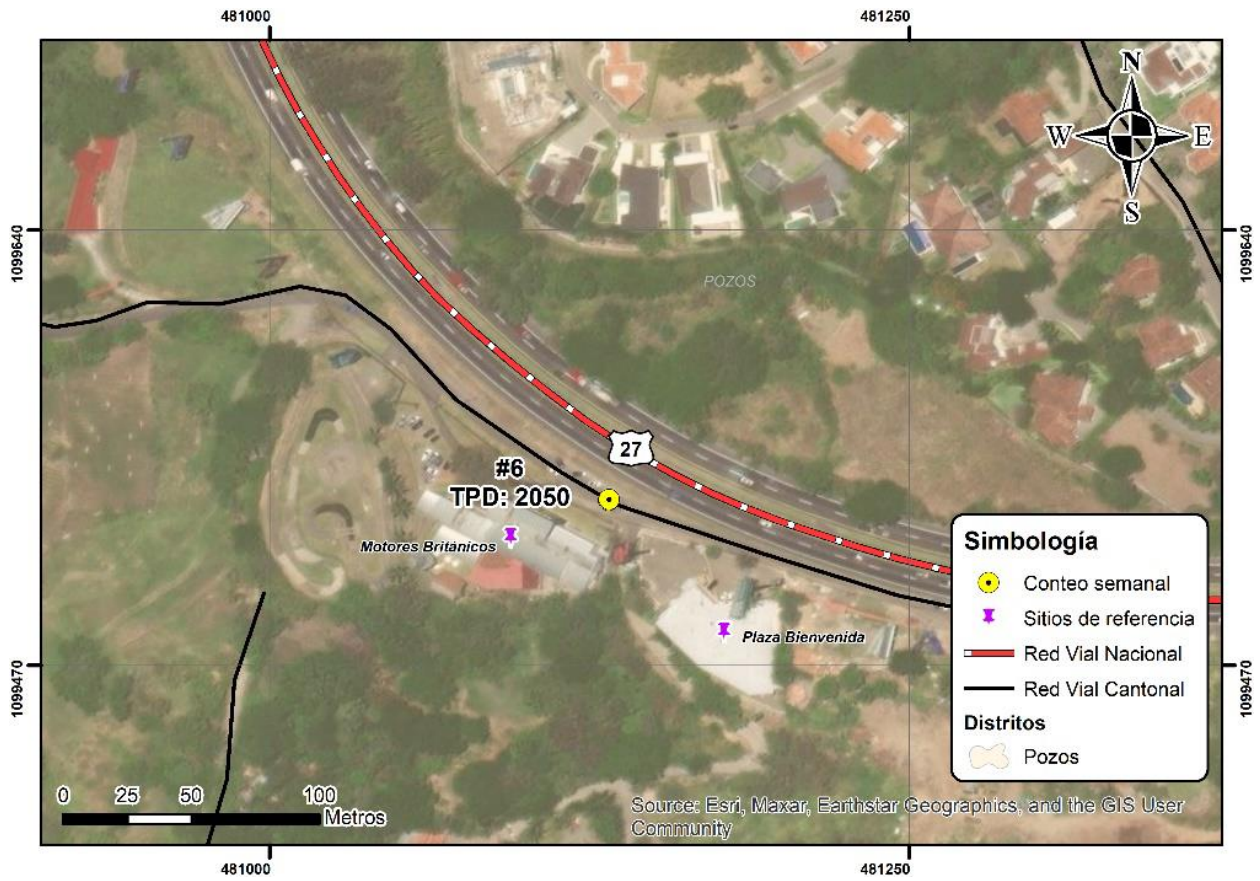


Figura 4.19. Ubicación del conteo vehicular en el Calle Gavilanes.  
Fuente: Oficio EIC-961-2023. LANAMME-Municipalidad de Santa Ana

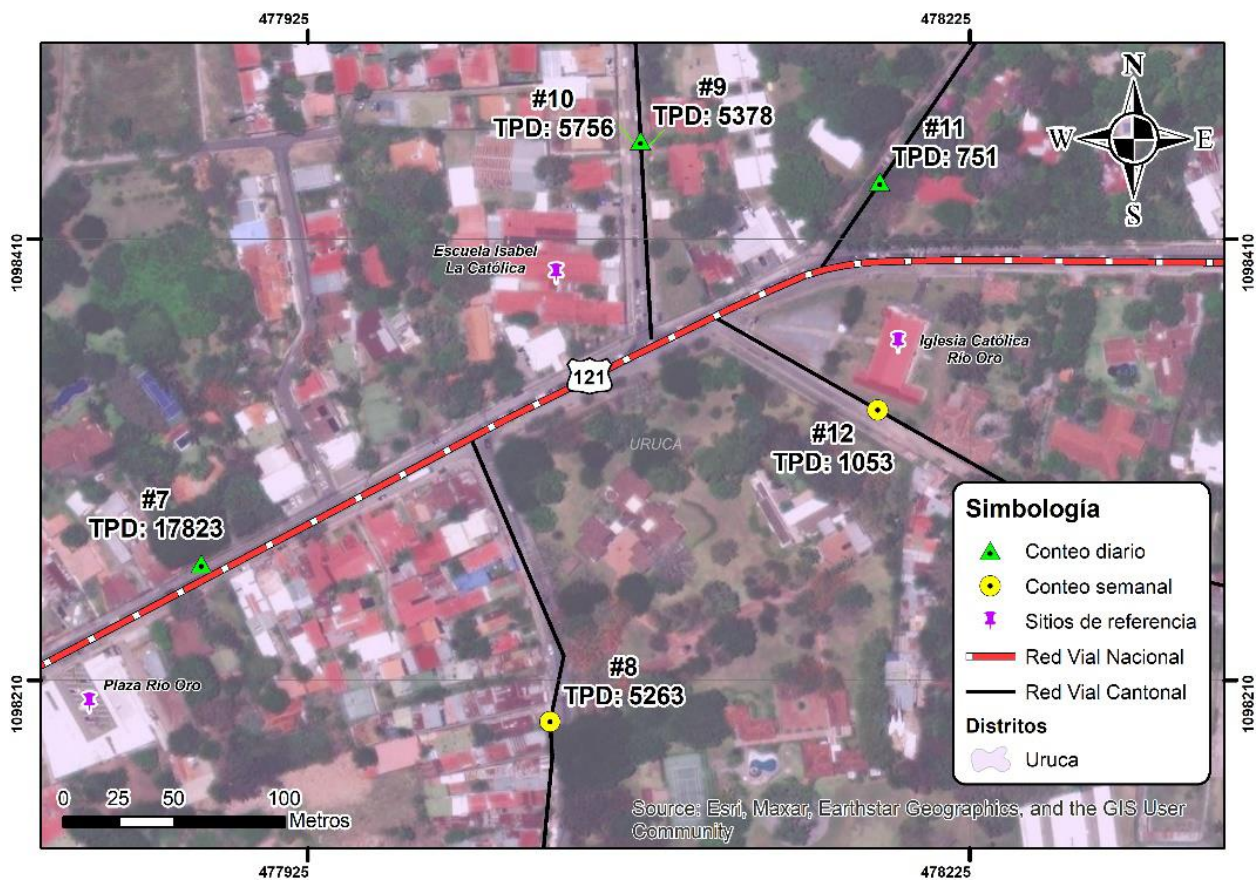


Figura 4.20. Ubicación de contadores en el cruce Isabel La Católica.  
Fuente: Oficio EIC-961-2023. LANAMME-Municipalidad de Santa Ana

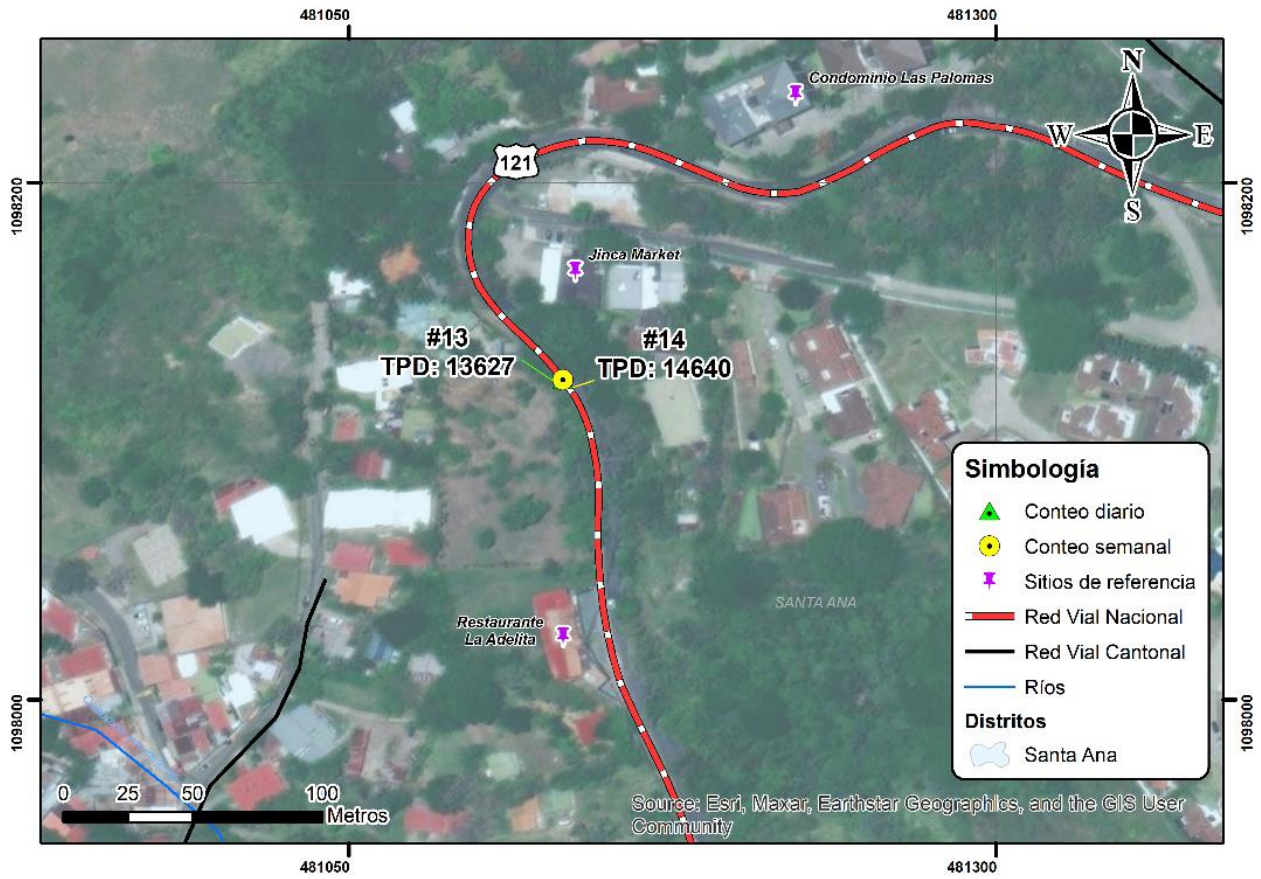


Figura 4.21. Ubicación de conteos vehiculares en el Alto de Las Palomas.  
Fuente: Oficio EIC-961-2023. LANAMME-Municipalidad de Santa Ana

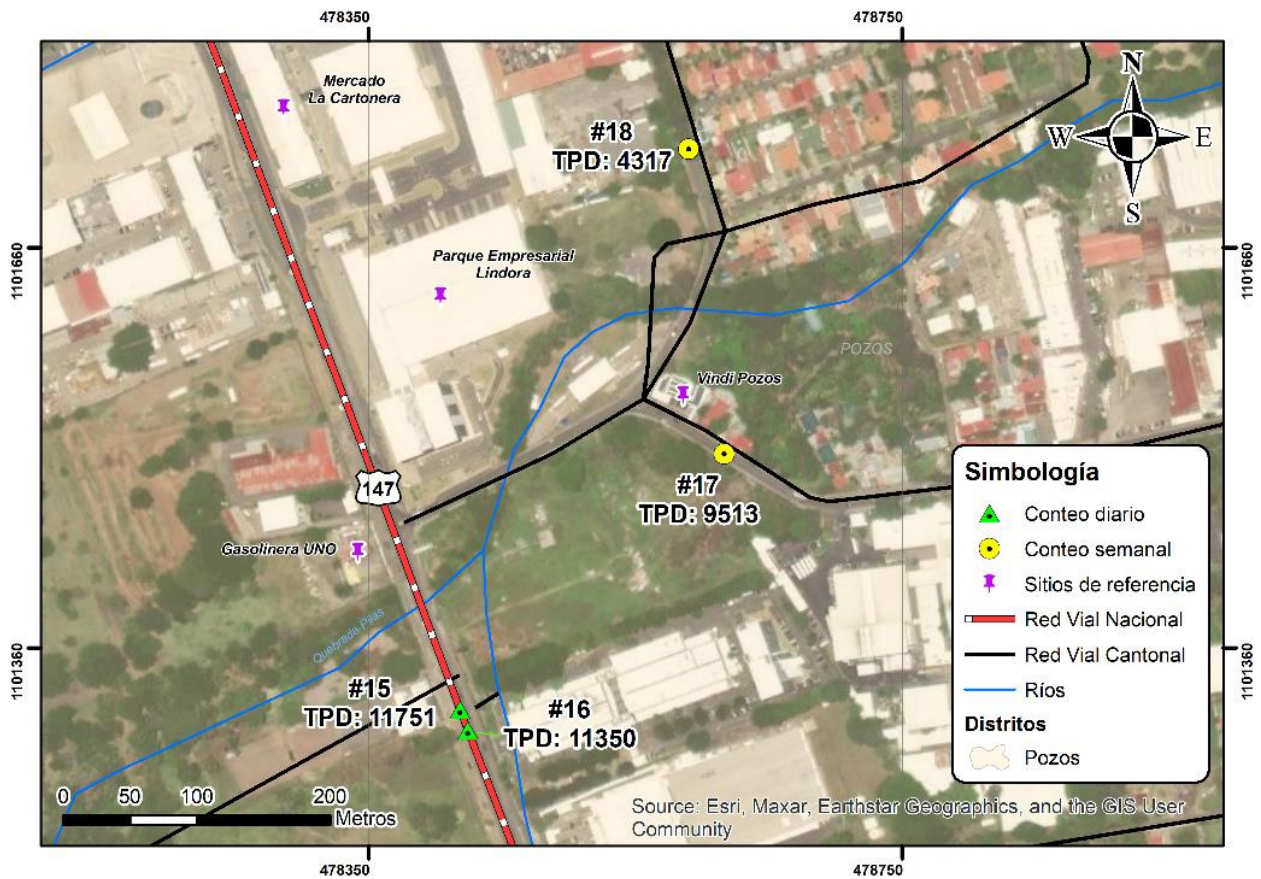


Figura 4.22. Ubicación de conteos vehiculares en la Radial Lindora-Alajuela, y cercanías.  
Fuente: Oficio EIC-961-2023. LANAMME-Municipalidad de Santa Ana

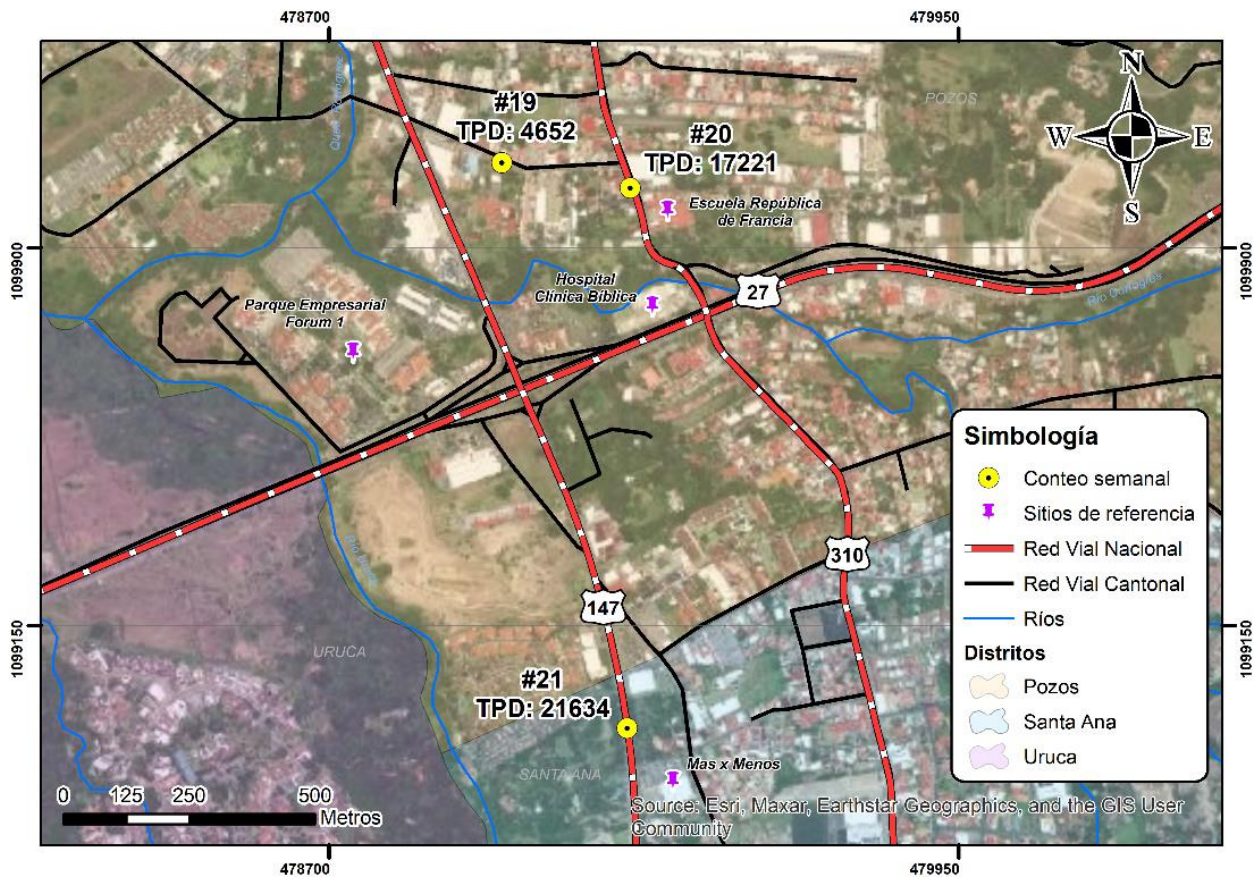


Figura 4.23. Ubicación de conteos vehiculares en la Radial Lindora-Alajuela, y cercanías.  
Fuente: Oficio EIC-961-2023. LANAMME-Municipalidad de Santa Ana

Los resultados de los conteos confirman los resultados de las encuestas realizadas para movilidad, donde se identificó que cerca del 40% corresponde a viajes hacia fuera del cantón, Adicionalmente, los conteos realizados en las vías principales de entrada y salida del cantón nos indican que existen movilizaciones de paso importantes desde los cantones de Alajuela y Mora para ingresar o salir de la Ruta 27.

### 4.3 Sector Residuos

El tratamiento de los residuos sólidos y líquidos en el cantón de Santa Ana para el año 2021 destaca por las fortalezas encontradas, principalmente en el tratamiento de residuos sólidos, a pesar de esto, el sector se caracteriza por las emisiones asociadas a residuos enviados a relleno sanitario, así como emisiones por tratamiento de aguas residuales, compostaje, quema y entierro de residuos siendo estas últimas, actividades que se logra monitorear a través de las encuestas realizadas.

Para el caso de las aguas residuales domésticas, un 90 % de las viviendas tratan sus aguas a través de tanque séptico, mientras que un 7 % menciona estar conectado a una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Destaca que, a pesar de los esfuerzos realizados, aún existe un 3 % de la población que dispone sus aguas residuales en un río sin dar algún tratamiento previo. Esto se muestra en la Figura 4.24. Dada la alta cantidad de viviendas trabajando con tanques sépticos y la considerable cantidad de hogares (427, aproximadamente) que realiza descarga directa a río, podría considerarse que la mejora en el tratamiento de aguas residuales en el cantón es de vital importancia.

Aquellas residencias que reportan estar conectadas a una PTAR se encuentran conectadas a sistemas gestionados por terceros, que manejan aguas residuales de tipo ordinario y especiales y cubren alrededor de 2 834.53 personas en el cantón. Gracias a que para todas las plantas de tratamiento de aguas en Santa Ana se lleva el control operativo al día, es posible obtener la información necesaria para realizar los cálculos de tratamiento y vertido de aguas correspondientes.

Para lograr mapear toda la información correspondiente a plantas de tratamiento de aguas, tanto ordinarias (sean o no residenciales) como industriales, en el cantón, se solicita la ayuda del Ministerio de Salud. El Área Rectora de Salud (ARS) EN Santa Ana brinda datos sobre caudales de salida, DQO, tipos de tratamiento, ubicación y cuerpos receptores para cada planta de tratamiento de aguas en el cantón.

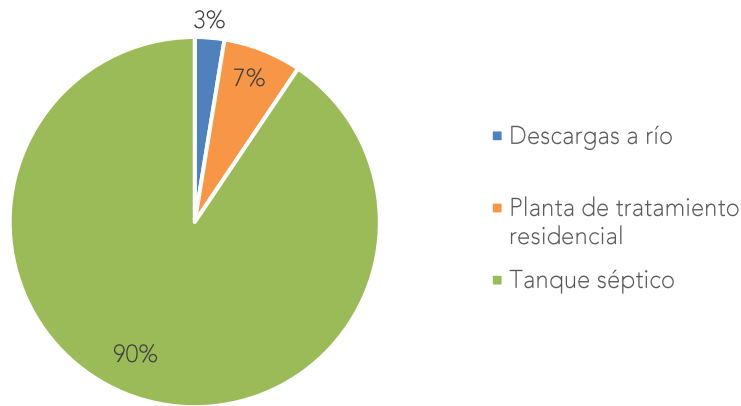


Figura 4.24. Tipo de tratamiento dado a las aguas residuales domésticas en Santa Ana 2021. Fuente: elaboración propia

A pesar de la información brindada por el Ministerio de Salud, los reportes registrados no indican el tipo de tratamiento que se lleva a cabo en la planta (tal como reactores aeróbicos, anaeróbicos, lagunas facultativas entre otros), motivo por el cual se asume que todos los sistemas en funcionamiento registrados corresponden a plantas anaeróbicas, al ser este tipo de tratamiento el de mayor impacto y, por tanto, el más conservador. Para los cálculos asociados a reactores anaeróbicos se utiliza los factores de emisión reportados por el IMN. Para los hogares que reportan vertido directo a ríos simplemente se aplica el factor de emisión más actualizado indicado por el IMN.

Siendo que los sistemas aerobios se asocian a una menor cantidad de emisiones de GEI liberadas, podría considerarse levantar una lista más exhaustiva sobre las actividades de las PTAR en funcionamiento que permita identificar cuántas de estas plantas son aerobias y a partir de este dato, buscar estrategias para aumentar la capacidad de tratamiento de estos sistemas, o apoyar la transición de sistemas facultativos a aerobios, aunque la posibilidad del cambio dependerá del tipo y características de las aguas tratadas.

Como muestra la Figura 4.19, el distrito de Pozos reporta la mayor cantidad de PTAR en funcionamiento, con un 48 % de los sistemas, mientras que un 97 % de las aguas tratadas en el cantón son de tipo ordinario. La Figura 4.20, por su parte, muestra la ubicación de las PTAR en funcionamiento dentro de Santa Ana, la localización de estos sistemas se realiza como parte de los esfuerzos de la Municipalidad por diagnosticar y mejorar los sistemas de tratamiento de aguas en el cantón.

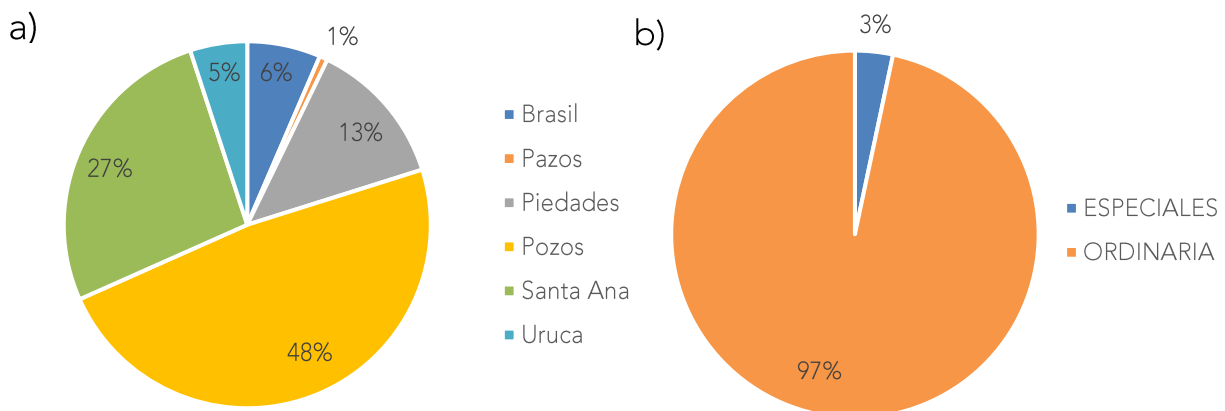


Figura 4.25. a) Ubicación de las PTAR y b) tipos de aguas tratadas en las PTAR en funcionamiento dentro de Santa Ana 2021. Fuente: elaboración propia basado en información de MINSA.

En todos los casos, para lograr calcular la carga contaminante removida por el sistema de tratamiento, debe asumirse una eficiencia de remoción para el sistema. Esto se debe a que los datos recopilados en estudios de aguas corresponden a cargas y caudales de salida para los sistemas, no se reportan los datos de entrada. La eficiencia de remoción en este caso se selecciona con base al tipo de tratamiento asumido (reactores anaeróbicos) y se designa como tratamiento secundario. La eficiencia se extrae de la Tabla 6.6 B del IPCC, 2019, volumen 5, capítulo 6. La eficiencia de remoción de los sistemas secundarios es del 85 %.

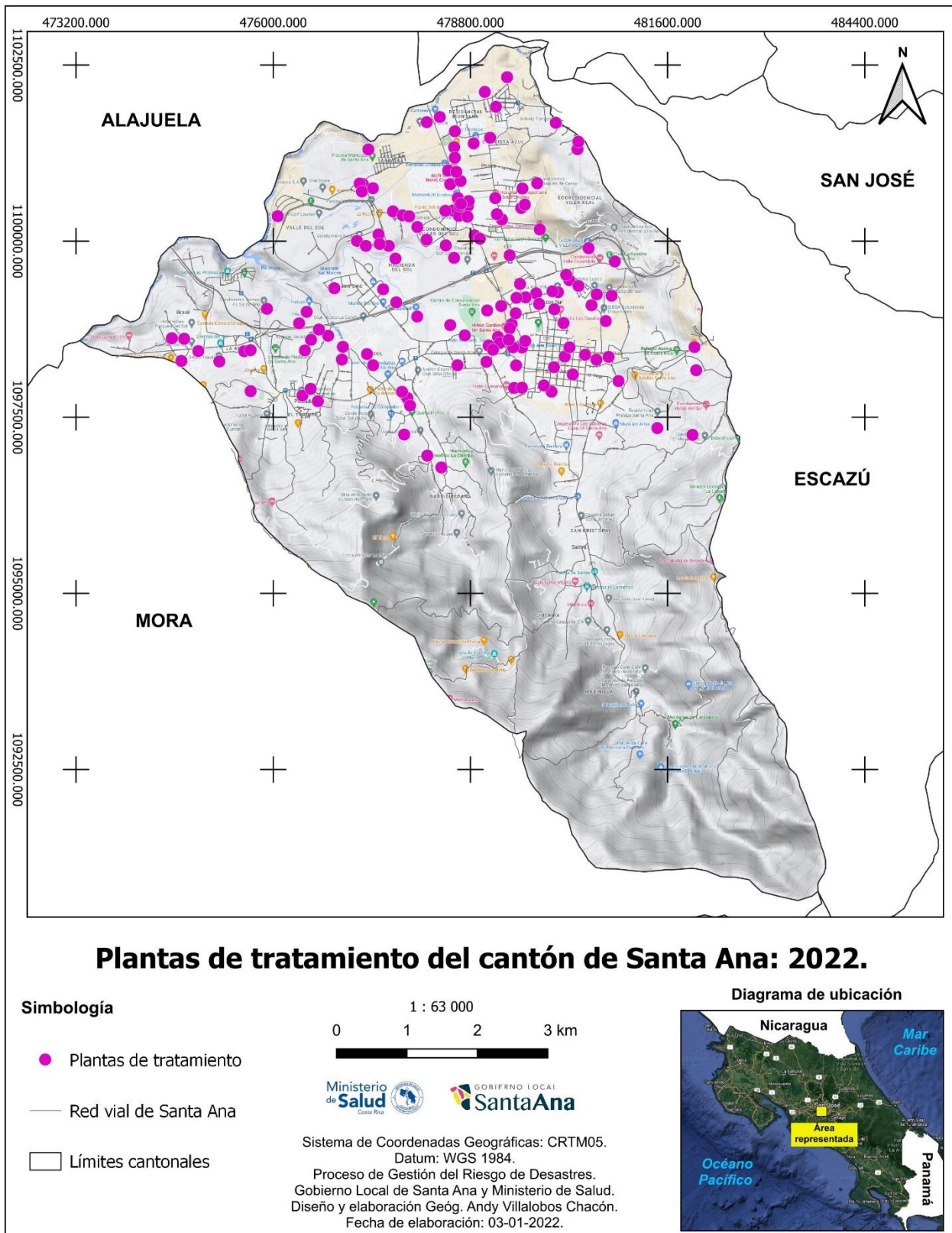


Figura 4.26. Ubicación espacial de las PTAR en Santa Ana al 2021.  
Fuente: elaborado por la Municipalidad de Santa Ana.

Un aspecto importante que se debe considerar, bajo un criterio de impacto ambiental, es la cantidad de carga orgánica que se vierte a un cuerpo receptor en específico, no solo la concentración, esto pues dependiendo del cuerpo receptor y su capacidad de degradación de materia orgánica, así serán los malos olores o la emisión de GEI que se liberen debido a una deficiente descomposición del material. La Figura 4.26 muestra la distribución de carga vertida anualmente a cada uno de los cuerpos receptores en el cantón. Debe destacarse como una buena práctica que se está implementando en el cantón, el reúso de aguas residuales, reportada en un 7 % de los casos para el periodo de estudio.

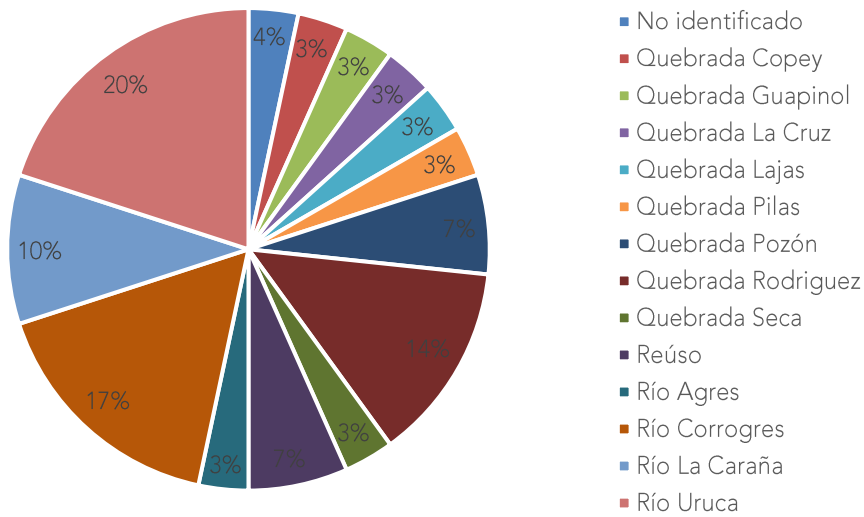


Figura 4.27. Distribución de carga vertida anualmente a cuerpos receptores en Santa Ana al 2021.  
Fuente: elaboración propia basado en información de MINSA

Con respecto a la gestión de residuos sólidos en el cantón, existe un sistema de recolección municipal de residuos ordinarios el cual atiende a todos los distritos de Santa Ana. Según datos municipales, para 2021, se enviaron aproximadamente 57 ton/día de residuos al relleno sanitario. Adicionalmente, se identificaron algunas prácticas como la quema de residuos a cielo abierto, la generación de compostaje y el entierro de residuos.

De acuerdo con los datos recopilados por encuestas al sector residencial, aproximadamente 13.028 ton de residuos son incinerados al año en el cantón. Por su parte, la generación de compost es liderada por este mismo sector, con más de 600 ton anuales producidas. Además, según los datos obtenidos por las encuestas al sector residencial, 8.68 ton de residuos son enterrados al año. Un resumen de estos datos se muestra en la Figura 4.28.

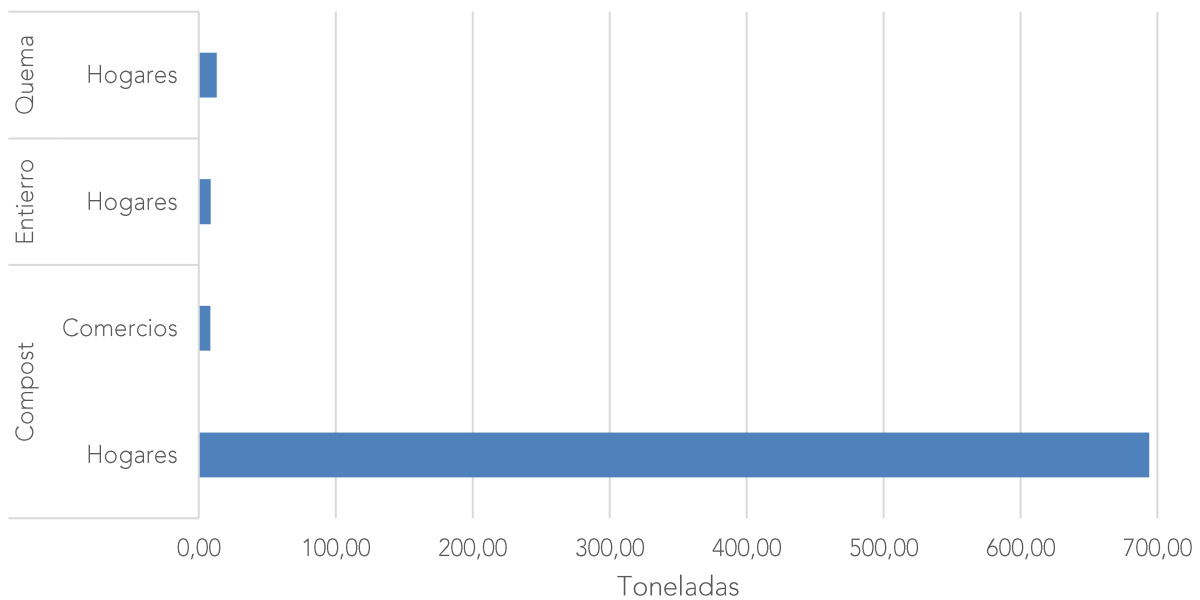


Figura 4.28. Cantidad de toneladas anuales de residuos procesadas por incineración, entierro y compostaje en Santa Ana en el 2021.

Fuente: elaboración propia basado en encuestas de hogares, fincas, comercios.

Debe tenerse en consideración que la diferencia entre la práctica de compostaje y entierro de residuos consiste en el proceso de descomposición por el que pasan los mismos. En el caso del compostaje, los residuos orgánicos se exponen a una cierta cantidad de aire y se permite a los mismos una degradación controlada, a una temperatura y pH específicos gracias a la acción de microorganismos o lombrices. En el caso del entierro de residuos, este proceso se lleva a cabo en completa ausencia de oxígeno y en largos periodos de tiempo de manera poco controlada, aumentando el impacto ambiental asociado.

De acuerdo con los datos de emisiones obtenidos para Santa Ana en el año 2021 y lo presentado en la Figura 4.28, alrededor de 0.52 tCO<sub>2</sub>e se liberan por ton de residuos enterrados al año, mientras que la generación de compostaje libera alrededor 0.16 ton CO<sub>2</sub>e por ton de residuo procesado al año, respaldando el impacto positivo de las prácticas de compostaje.

Al considerar todas estas actividades relacionadas a la generación y tratamiento de residuos sólidos y líquidos dentro del cantón, se obtiene las emisiones de GEI del sector Residuos. En la Figura 4.29 se aprecia que la mayor fuente de emisiones de GEI, corresponde al tratamiento de los residuos sólidos generados, que se tratan en el relleno sanitario fuera del cantón (alcance 3).

Aunque el sector Residuos es el tercero con mayor impacto en el cantón (Figura 4.1), si se toma en cuenta que la mayor parte de los residuos sólidos enviados a relleno sanitario son en realidad residuos orgánicos, incentivar las prácticas como el compostaje o el reciclaje se vuelven acciones de importancia para lograr disminuir el impacto ambiental del sector, aún si no pertenecen a las principales actividades emisoras.

De igual manera, estas actividades cobran fuerza cuando se considera que son acciones que pueden ser lideradas por la Municipalidad, a diferencia de acciones en otros sectores como el transporte o el energético que, si bien son de mayor importancia, dependen de la disponibilidad y recursos de entes privados en la mayor parte de los casos, por lo que la gestión, seguimiento e implementación a nivel cantonal se vuelve más complicada.

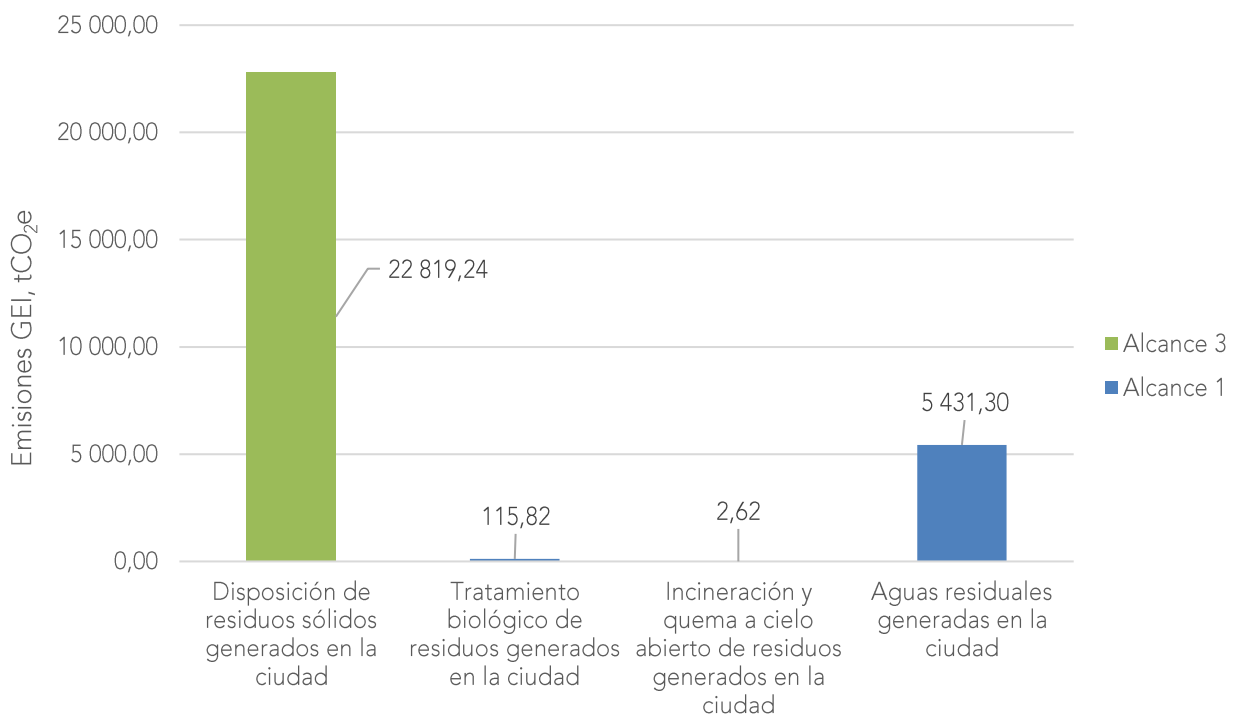


Figura 4.29. Distribución de emisiones de GEI del sector Residuos de Santa Ana para el 2019  
Fuente: elaboración propia

#### 4.4 Sector Procesos Industriales y Uso de Productos

El aporte en emisiones de GEI del sector de Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) en el cantón de Santa Ana es uno de los menos significativos, esto podría deberse a la falta de registros confiables sobre uso de equipos refrigerados en el sector comercial e industrial, o bien, al tipo de industrias dentro del cantón, las cuales en un 65 % de los casos se reportan como industrias de servicios, las cuales tienen los menores consumos en equipos de refrigeración a gran escala, tales como congeladores y/o enfriadores industriales o camiones refrigerados. La distribución por tipo de industria en el cantón se muestra en la Figura 4.30.

Para recopilar datos sobre el uso de productos en Santa Ana, se aplican encuestas al sector comercial, residencial, industrial y agrícola. Esta herramienta permite obtener datos sobre cantidad de CO<sub>2</sub> recargado en extintores de comercios e industrias, total de aires acondicionados en el cantón y uso de refrigerantes en equipos como congeladores, refrigeradores y compresores, así como información sobre el uso de lubricantes para mantenimiento de equipos.

En el caso de los aires acondicionados, la encuesta revela la existencia de aproximadamente 4664.81 equipos de A/C en total, de los cuales, un 68 % se encuentran en el sector comercial (Figura 4.31). El cantón muestra una gran limitante en la identificación de refrigerantes ya que las

personas encuestadas desconocen, en el mayor de los casos, el tipo de equipo de A/C y el refrigerante que utilizan, por lo que se recurre a los datos del "Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016)" de la GIZ<sup>4</sup>. Con base a la información en este documento se estima la cantidad de refrigerante utilizado en equipos de A/C en el cantón. La cantidad de refrigerante recargado se toma de la Tabla 5, página 33 de este informe, para equipos de A/A tipo Split sin ducto. Se selecciona este tipo de equipo al ser el más común en Costa Rica.

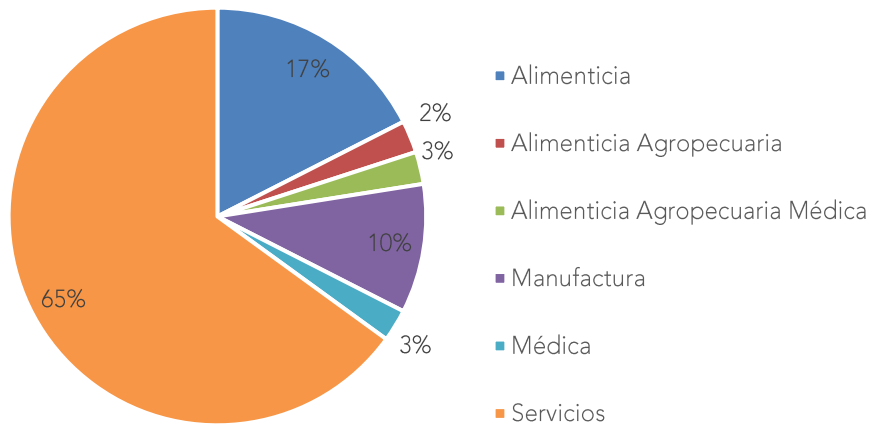


Figura 4.30. Distribución por tipo de industria en Santa Ana 2021.

Fuente: elaboración propia

Por su parte, la Figura 4.31 b) muestra la distribución de los refrigerantes utilizados en los equipos de A/C en el cantón, de los cuales el más utilizado es el R410a. Dado que este refrigerante tiene un potencial de calentamiento global de 1725, una forma de disminuir el impacto en el sector es incentivar el uso de equipos que trabajen con refrigerante R600a, el cual posee un potencial de calentamiento global de solo 0.001. Según las encuestas aplicadas, no se desechó equipos de A/C en los hogares, comercios e industrias en el cantón en el año 2021.

La cantidad de refrigerante recargado en A/C por otro lado, se estima con base en datos reportados de tipo de refrigerante y marca de equipos utilizados. En este caso, para lograr estimar el dato de recarga, se promedia las capacidades de carga para un equipo de aire acondicionado según lo reportado por el "Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016)". No se reporta recarga de aires acondicionados en vehículos particulares en el 2021 dentro del cantón.

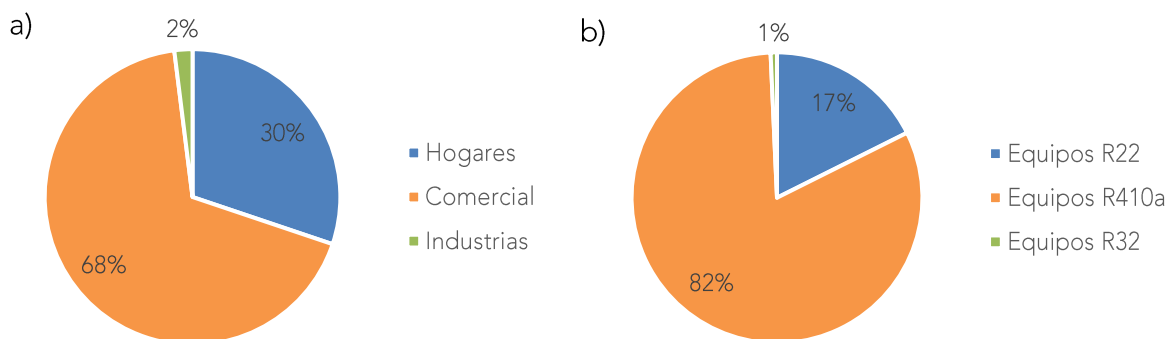


Figura 4.31. Uso de equipos A/C por sector y tipo de refrigerantes utilizados en equipos A/C en Santa Ana 2021. Fuente: elaboración propia.

De igual forma, se identifica el uso de equipos refrigerados diferentes a los aires acondicionados dentro del cantón. En este grupo se concentran equipos como refrigeradores domésticos, cuyas emisiones durante servicio se calculan a partir de la cantidad de hogares en el cantón y suponiendo que todo hogar tiene al menos un refrigerador. Los factores de emisión correspondientes se toman del "Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016)", Tabla 5, página 33.

<sup>4</sup> Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016)



Se detectan también chillers, enfriadores o congeladores autónomos o equipos “Stand Alone”, los cuales son definidos por (GIZ, 2019) como máquinas dispensadoras, congeladores, o enfriadores de bebidas. La cantidad de equipos, tipo de refrigerante y datos sobre recarga, los provee la encuesta y en los casos donde no se detecta suficiente información, se recurre a los datos teóricos brindados por el inventario de refrigeración para Costa Rica.

Tal como muestra la Figura 4.32, en el caso del uso de refrigerantes, una porción de las actividades comerciales revela el uso prioritario del refrigerante R134a y R600a, siendo el 75 % de los equipos identificados refrigeradores dentro de tiendas u oficinas.

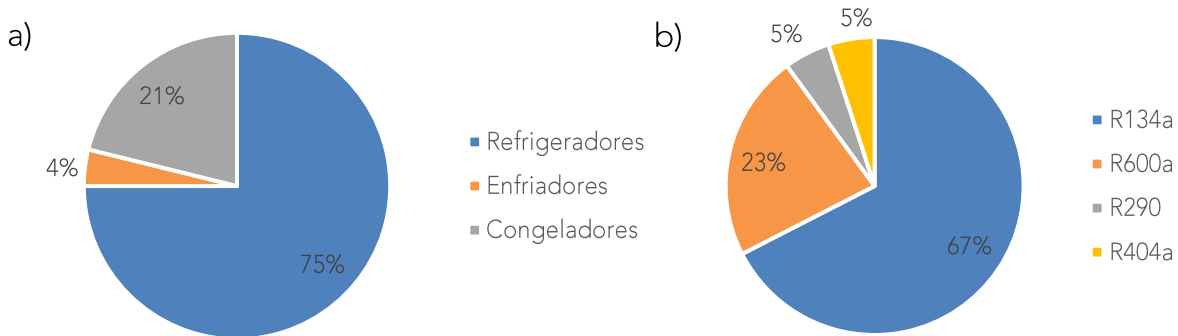


Figura 4.32 a) Distribución de equipos refrigerados y b) Distribución de gases refrigerantes utilizados en el sector comercial de Santa Ana, 2021. Fuente: elaboración propia

Además del uso de equipos refrigerados, también se recopila información sobre el uso de productos como lubricantes alimentados en hogares, comercios e industrias. En este caso el mayor consumo se reporta en el sector residencial con 23 366.68 L de lubricante alimentado (no combustionado) al año. Los sectores industrial y comercial brindan, de igual forma, datos sobre recarga de dióxido de carbono en extintores. El total de este gas recargado ronda los 34 598.12 kg anuales entre los dos sectores.

Como muestra la Figura 4.33, el sector IPPU aporta un total de 8 045.35 tCO<sub>2</sub>e. Para realizar un mayor y mejor levantamiento de datos de este sector, es necesario coordinar el uso del Sistema Nacional de Información sobre Gestión Integral de Residuos (SINIGIR) y que exista una transferencia eficiente de datos entre MINSA y la Municipalidad de Santa Ana. Se recomienda además estimular a los comercios y empresas en la zona a llevar un inventario de equipos refrigerados y capacitar a los mismos sobre el uso, manejo e impacto de los gases refrigerantes. No se identifican emisiones asociadas a procesos industriales en el cantón para el año 2021.

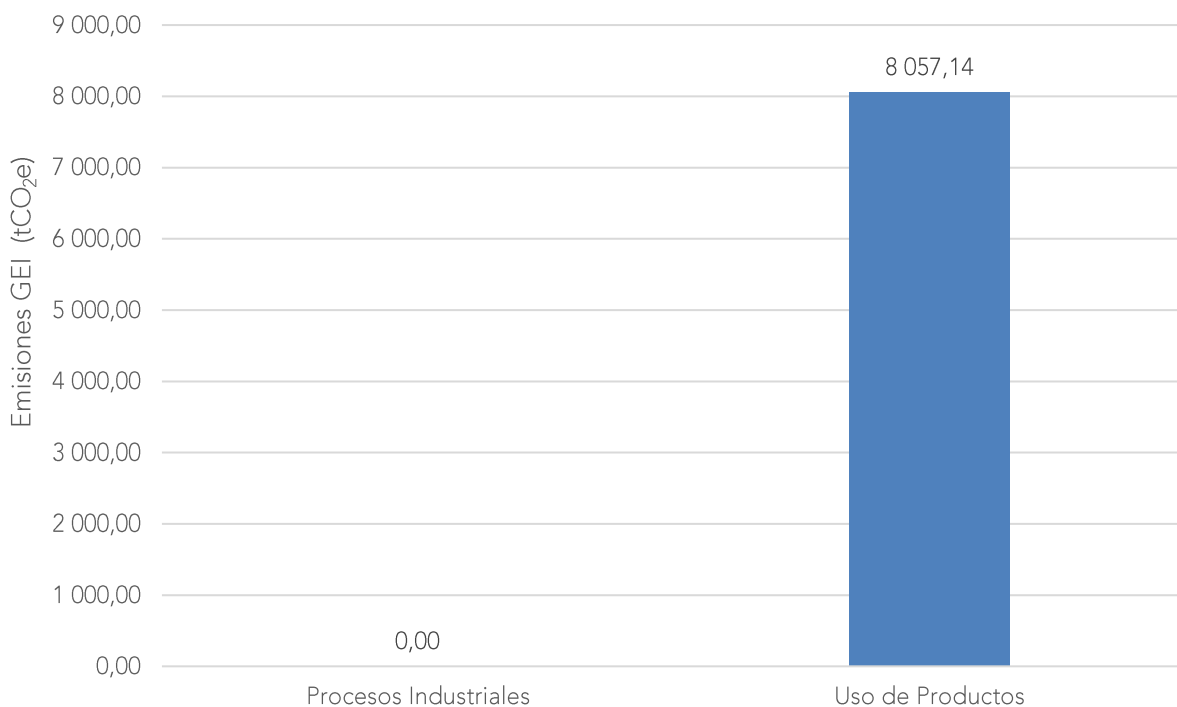


Figura 4.33. Distribución de emisiones de GEI del sector Procesos industriales y Uso de productos en Santa Ana 2021. Fuente: elaboración propia

## 4.5 Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra

El diagnóstico del sector AFOLU puede considerarse como el más complejo entre los cinco, no solo por el peso que tiene sobre el inventario cantonal, sino también por los retos presentados en el proceso de recolección de datos. El proceso para obtener información actualizada y confiable sobre las actividades agrícolas y pecuarias, así como información para determinar el cambio en el uso de suelo, es bastante laborioso. A pesar de las dificultades, se cuantificaron todas las fuentes de emisión asociadas a este sector para el cantón de Santa Ana en el 2021.

En el Cuadro 4.4 y la Figura 4.34 se muestran los resultados asociados al cálculo de remociones y emisiones por cambio del uso de suelo del cantón. Se obtiene un saldo de  $-2\,023.94$  tCO<sub>2</sub>e en remociones para el cantón de Santa Ana y  $16\,957.21$  tCO<sub>2</sub>e en emisiones por el cambio de uso de suelo, para un balance total de  $14\,933.27$  tCO<sub>2</sub>e, valor que se empleará para calcular las emisiones de GEI netas del cantón.

Para obtener dichos valores, se contabilizó el carbono fijado en el área de estudio, empleando mapas de uso de suelo generados a partir de información brindada por la Municipalidad, imágenes satelitales disponibles en el SNIT, así como información tomada del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y consideraciones sobre las zonas de vidas en el cantón para los años 2005 a 2017.

El análisis realizado, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 4.4 muestra que la matriz de cobertura de uso del suelo indica que hay una ligera ganancia de terreno en la categoría de tierras forestales, particularmente en bosque forestal secundario, de  $410.62$  ha, mientras que el bosque primario (bosque muy denso, de alta cobertura) no se identifica en el cantón. Los mayores crecimientos observados, sin embargo, se muestran en la categoría de asentamientos urbanos, con ganancias de terreno que rondan las  $566.66$  ha en el periodo estudiado.

Por el contrario, la categoría de charrales y pastizales reporta pérdidas en su extensión que rondan las  $769.99$  ha. Otras categorías, como cultivos, muestran pérdidas de alrededor de  $206.69$  ha en el periodo estudiado, mientras que categorías como humedales y otras tierras, no se identifican dentro del cantón.

Debe destacarse que todos los resultados presentados corresponden al total de hectáreas, carbono o toneladas de CO<sub>2</sub>e emitidas o fijadas anualmente, donde los cambios en el periodo de tiempo considerado en cada caso se dividen entre el total de años del estudio según corresponda. Todos los cálculos para el cambio de uso del suelo en el cantón se realizan con la herramienta MatLab, en la cual se programa el código necesario para el cálculo de acuerdo con las metodologías IPCC 2006 y actualizaciones 2019.

El resultado más significativo de este estudio muestra que, por año, la cobertura boscosa se asocia a una remoción total de  $-2\,023.94$  tCO<sub>2</sub>e, al realizar un balance entre la biomasa aérea y subterránea en régimen permanente y la biomasa en régimen transicional.

A pesar de esto, las conversiones a través de los años de bosques a pastos o a tierras de cultivo o bien a asentamientos urbanos también deben tomarse en consideración. Estas actividades, que se incrementan en el periodo de tiempo estudiado para asentamientos, resultan en una liberación del carbono capturado en los árboles y el suelo de  $7\,728.18$  tCO<sub>2</sub>e emitidas por año debido al cambio hacia pastizales,  $5\,996.233$  tCO<sub>2</sub>e debido al cambio hacia asentamientos urbanos y  $2\,380.49$  tCO<sub>2</sub>e emitidas al año por cultivos, así como  $852.31$  tCO<sub>2</sub>e liberadas por la pérdida de bosques en régimen permanente. De esta forma, para obtener el impacto total realmente logrado por el cambio de uso del suelo en el cantón al año, se debe realizar un balance entre el total de remociones y emisiones identificadas, obteniendo un total de remociones de  $-2\,023.94$  tCO<sub>2</sub>e y emisiones de  $16\,957.21$  tCO<sub>2</sub>e, para un balance de  $14\,933.27$  tCO<sub>2</sub>e liberadas por el cambio de uso del suelo.

Al comparar este resultado contra las emisiones totales en el cantón (de  $249\,935.13$  tCO<sub>2</sub>e) con el fin de obtener las emisiones netas para Santa Ana en el año 2021, vemos que el resultado de emisiones totales es de  $247\,911.19$  tCO<sub>2</sub>e, o bien  $4.10$  tCO<sub>2</sub>e/persona, contemplando una población de  $60\,453$  personas según información publicada por la Municipalidad.

Además de la información mencionada anteriormente, se identifica que la principal zona de vida en el cantón es el bosque húmedo premontano, encontrándose además zonas clasificadas como bosque húmedo tropical en transición a premontano, bosque muy húmedo montano bajo y bosque muy húmedo premontano, información que se utiliza junto al mapa de zonas de vida de

Holdrige<sup>5</sup> para identificar los factores de emisión y remoción necesarias de acuerdo con la metodología descrita en el IPCC 2006 y actualización 2019. Para el estudio se consideró lo siguiente:

- Para la representación de los diferentes usos del suelo se utilizó el Enfoque 3, la información geográfica para determinar los usos del suelo iniciales fue del 2005, y los finales del 2018 y el 2020. Se asumieron como tierras en estado estacionario (o permanente) aquellas que no cambiaron de uso desde el 2005. Dado el Enfoque 3, se cruzó la información geográfica de uso del suelo con información de zonas de vida (información climática) y tipos de suelos.
- Se utilizó el nivel más alto que fuera posible dada la información disponible para definir los métodos de cálculo, factores de emisión y datos de actividad. En general utilizó el Nivel 1 para dicha selección, aunque, dado el uso del Enfoque 3 y la combinación de información geográfica, climática y de tipo de suelos, en algunas categorías se alcanzó un Nivel 2.
- Dado el uso del Nivel 1 para los suelos en régimen permanente, se consideraron las remociones de biomasa aérea y subterránea de las tierras forestales (bosques y plantaciones) que se mantuvieron entre 2005 y 2018; mientras que, para pastizales, asentamiento, otros usos y cultivos, no se consideraron cambios en los inventarios de carbono. En particular se utilizaron las tasas promedio de cambio anual para las tierras forestales y se asumió que no hubo remociones de madera de las tierras de cultivo para evitar una doble contabilidad.
- En cuanto a los suelos en régimen de transición, las variaciones en los inventarios de carbono se determinaron en la biomasa aérea y subterránea, materia orgánica muerta, suelos minerales y suelos orgánicos. Se crearon escenarios de carbono para los usos de suelo inicial y final, y se determinaron las emisiones o remociones por diferencia. Así mismo, de acuerdo con la metodología de Nivel 1, se asumió que: i) todo el carbono inicial fue liberado en la transición; ii) la biomasa aérea y subterránea, así como la materia orgánica muerta alcanzan un estado estacionario después del primer año de conversión para todos los usos menos los forestales, en los que tarda 20 años; y iii) que la transición es uniforme para el carbono orgánico en suelos minerales.
- Dado que no se encontraron cambios de uso del suelo involucrando suelos orgánicos este reservorio de carbono no presentó cambios.

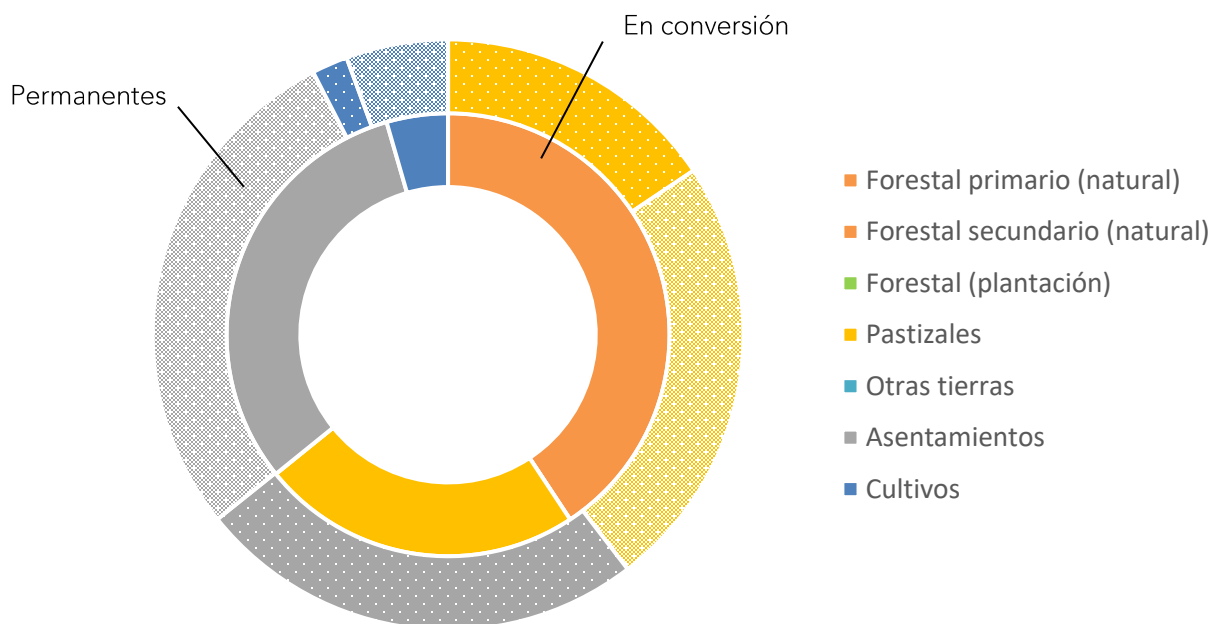


Figura 4.34. Distribución de las remociones por cambio de uso de suelo en el Cantón de Santa Ana en el 2021. Fuente: elaboración propia

<sup>5</sup> Más información sobre el procedimiento de cálculo seguido para realizar el estudio de emisiones y remociones por cambio de uso del suelo, lo puede encontrar en el manual que acompaña a este documento.

De igual forma, con el objetivo de ilustrar las diferencias en el cambio de uso de suelo en el cantón, se adjuntan la Figura 4.35 y la Figura 4.36. Destacan las diferencias entre la cantidad de espacio forestal entre 2005 y 2017, los cuales muestran ganancias en la parte noreste de Salitral y al este de Santa Ana, mientras que decrementos se observan en la zona oeste de Piedades y la parte central del cantón, los cuales se reducen para dar paso a pastizales y zonas urbanas.

Los incrementos en espacios urbanos se observan principalmente en la parte norte del cantón, principalmente en los límites con Alajuela, Belén y Escazú. Se observan desarrollos, de igual forma, hacia el centro de Santa Ana y Uruca, así como algunos pequeños desarrollos urbanos hacia el centro de Salitral. En cuanto a espacios dedicados a cultivos, estos son los que muestran la mayor cantidad de pérdidas entre los años estudiados, mostrándose los mayores decrementos al oeste de Piedades, este de Salitral y la parte norte de Uruca.

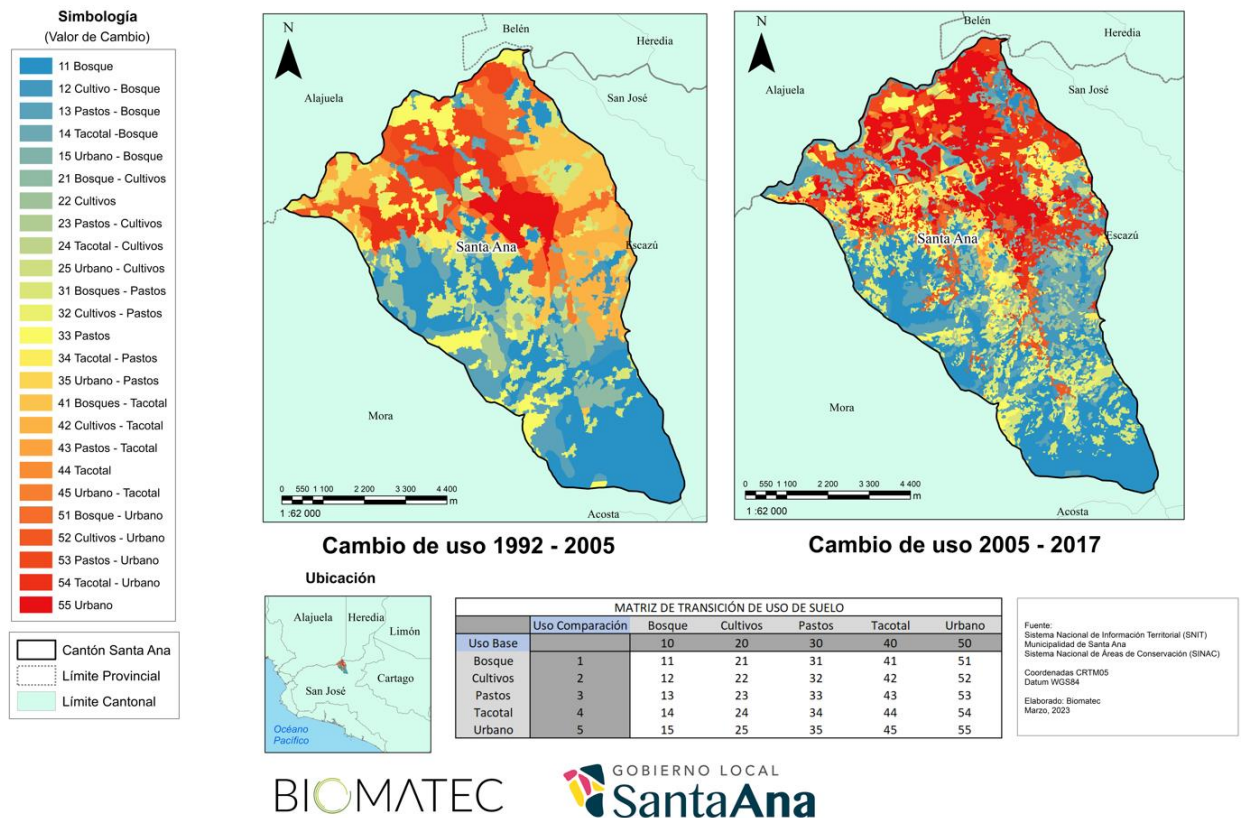


Figura 4.35. Mapa de cambios de uso de suelo en el cantón de Santa Ana de 1992 a 2017. Fuente: elaboración propia

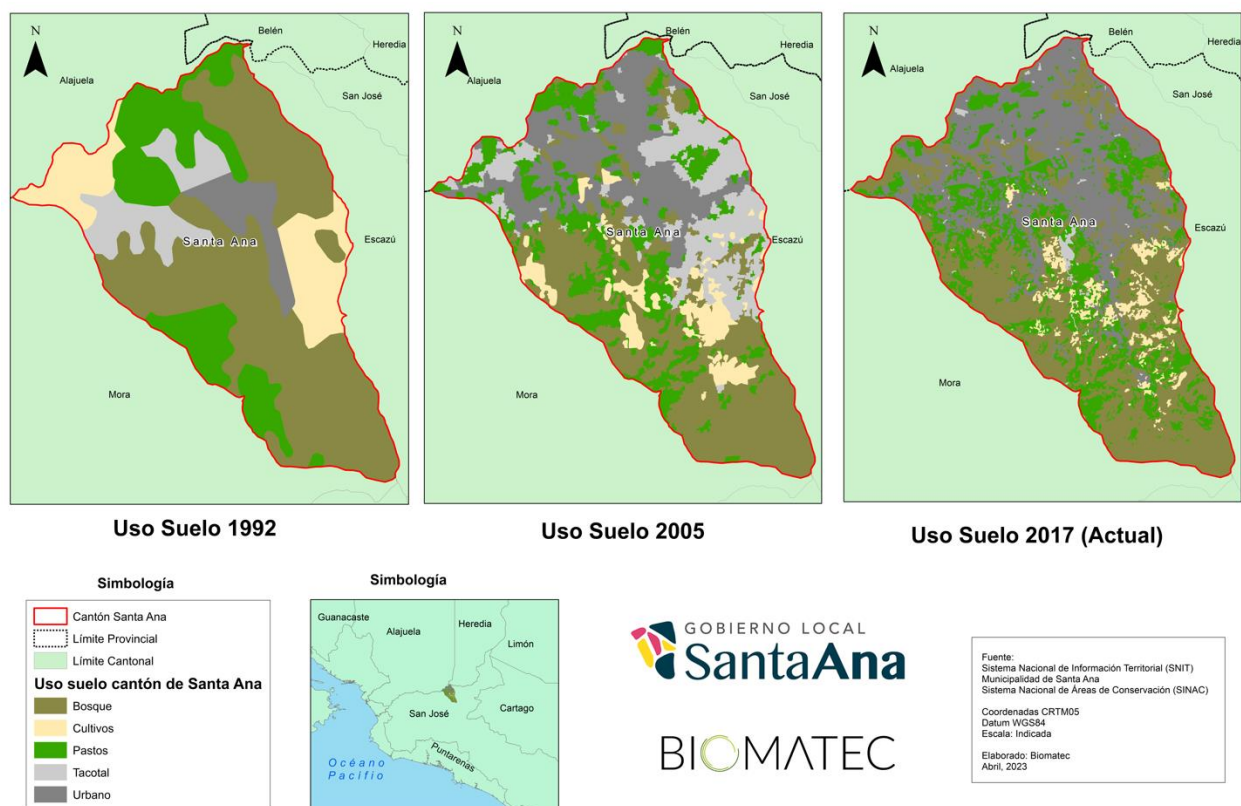


Figura 4.36. Mapa de uso de suelo en el cantón de Santa Ana para el año 1992, 2005 y 2017. Fuente: elaboración propia

Cuadro 4.4. Inventario de emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> por cambio de uso de suelo para 2021 del Cantón de Santa Ana

Reservorio de carbono	Emisiones de carbono (tCO <sub>2</sub> e)									
	Forestal primario (natural)	Forestal secundario (natural)	Forestal (plantación)	Pastizales	Otras tierras	Asentamientos	Cultivos	Humedales	Total ton C	Total ton CO <sub>2</sub> e/año
<b>Suelos en régimen permanente</b>										
Biomasa aérea y subterránea	0,00	551,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	551,98	-2 023,94
<b>Suelos en régimen de transición</b>										
Biomasa aérea y subterránea	0,00	-418,61	0,00	-1 341,11	0,00	-1 291,62	-397,13	0,00	-3 448,47	12 644,39
Materia orgánica muerta	0,00	106,77	0,00	-817,88	0,00	-369,55	-174,35	0,00	-1 255,00	4 601,68
Carbono orgánico en suelos minerales	0,00	79,40	0,00	51,30	0,00	25,83	-77,75	0,00	78,78	-288,86
Carbono orgánico en suelos orgánicos (ton C)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sub-Total por régimen transicional	0,00	-232,45	0,00	-2 107,69	0,00	-1 635,34	-649,23	0,00	-4 624,69	16 957,21
<b>Total</b>	0,00	319,54	0,00	-2 107,69	0,00	-1 635,34	-649,23	0,00	-4 072,71	14 933,27

Debido a la importancia que sostiene la recuperación de áreas verdes y espacio forestal en el cantón, se analiza de igual manera los principales puntos clave en los que se podría realizar proyectos de reforestación. Para identificar las zonas potenciales para este tipo de proyectos dentro del cantón, se cruza la información de uso de suelo obtenida con el mapa de predios de la Municipalidad de Santa Ana y se identifica aquellos espacios que estarían "disponibles", es decir, fincas o espacios baldíos, que preferentemente le pertenezcan a la Municipalidad, en los que el espacio se pueda redestinar a proyectos verdes o espacios forestales. La Figura 4.37 muestra los resultados obtenidos.

De forma general se identifica dos tipos de espacios en los que se pueden desarrollar proyectos forestales. En un primer caso se identifican los espacios en márgenes de ríos disponibles. Estas son zonas a 10 m de los márgenes de ríos en el cantón en las que actualmente no se tiene algún tipo de cobertura forestal. Sobre este tipo de espacios se encontró un área equivalente a alrededor de 208 ha de espacio disponible. Además de las márgenes de ríos, se identifica los espacios municipales disponibles para proyectos. Sobre esta línea se identificó alrededor de 216 espacios baldíos con potencial para el desarrollo de proyectos, los cuales suman un área de 36.49 ha en total.



<p><b>Simbología</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: orange; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Zonas de Reforestación</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Bosques</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Otros Usos</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: lightblue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Límite Cantonal</li> </ul>	<p>GOBIERNO LOCAL <b>Santa Ana</b></p> <p>BIOMATEC</p>	<p>Fuente: Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) Municipalidad de Santa Ana</p> <p>Coordenadas CRTM05 Datum WGS84 Escala: 1:72.000</p> <p>Elaborado: Biomatec Junio, 2023</p>
--	--	--

Figura 4.37. Potenciales zonas de reforestación dentro del cantón de Santa Ana.  
Fuente: elaboración propia

Además de contabilizar las remociones por cambio de uso de suelo, el cantón estima las emisiones asociadas al uso de fertilizantes nitrogenados. Para esto, se solicita información al MAG sobre los tipos de cultivos desarrollados y las hectáreas de producción, además, se aplica una encuesta a todos los productores de la zona, para complementar la información del sector.

Según reporta la AEA de Santa Ana, se registran 116 fincas en el cantón, 89 de producción agrícola y 27 de producción pecuaria. Entre las fincas agrícolas se produce principalmente café, con 300 ha cultivadas al 2021 y cebolla, tomate y chile dulce cada uno con 53 ha cultivadas respectivamente. Si bien los datos brindados por el MAG son información actualizada al año de estudio, corresponden a datos reportados de forma voluntaria por los productores en el cantón, motivo por el cual se decide complementar la información brindada con datos de encuestas al sector agropecuario.

En total, se encuesta a una muestra de 48 fincas para un 90 % de confianza en los resultados obtenidos. A partir de esta encuesta se detecta el desarrollo de 4 cultivos adicionales al café, cebolla, tomate y chile dulce con peso significativo dentro del cantón, tales como frijol con 17.71 ha cultivadas, culantro con 17.66 ha, caña con 8.52 ha y desarrollo de pastos con 5.81 ha. La distribución de los cultivos se muestra en la Figura 4.38. Si se suma la extensión de cultivos estimada a partir de encuestas y datos reportados por el MAG, se obtiene una extensión total de 558.70 ha dedicadas a la siembra de cultivos en el cantón, lo cual representa alrededor de un 9 % del área total de Santa Ana al año 2021.

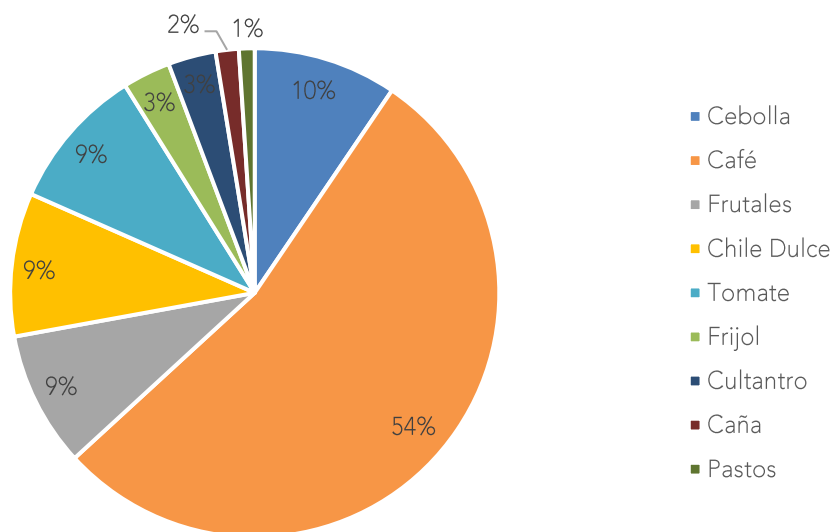


Figura 4.38. Distribución y tipo de cultivos en Santa Ana según su extensión al año 2021.  
Fuente: elaboración propia

El cálculo de la cantidad de hectáreas sembradas según datos de encuesta se realiza sumando el total de hectáreas cultivadas que reportan los productores, dividiendo entre la muestra calculada de fincas y multiplicando el dato por la población total para estimar las hectáreas totales en el cantón. Los datos obtenidos a través de encuestas se comparan con la información brindada por el MAG y se decide en cada caso utilizar la mayor área detectada, esto considerando que el área de mayor extensión va a contener a la menor.

Para el cálculo de emisiones si bien usualmente se utiliza el factor de emisión reportado por el IMN, en este caso se decide calcular un factor de emisión propio basados en la información sobre tipos y cantidades de fertilizante consumidos para el café, la cebolla, los árboles frutales, el chile dulce y el tomate. Se decide utilizar la información brindada por el MAG al ser esta información específica para la región estudiada en el año 2021, esto en comparación a los factores reportados por el IMN, los cuales son promedios nacionales.

La información brindada por el MAG se muestra en el Cuadro 4.5. Con estos datos, es posible calcular el aporte de nitrógeno de cada fertilizante con base en su fórmula química y, de acuerdo con lo establecido por el IPCC 2019, volumen 4, capítulo 11, Tabla 11.1, de adición de nitrógeno en suelos manejados, se calcula un factor de emisión (kg N<sub>2</sub>O/ha al año) tomando en cuenta que un 1 % de todo el nitrógeno aplicado se transforma en N<sub>2</sub>O.

Para el resto de los cultivos, en el caso de los pastos se utiliza el factor de emisión reportado por el IMN para pastos Jaragua al ser este el factor más conservador, de igual manera, se utiliza el factor de emisión del IMN reportado para la caña de azúcar. En el caso del frijol y el culantro, al no tener factores de emisión publicados por el IMN, se recurre a información oficial publicada

por el MAG/SEPSA en la plataforma de InfoAgro. En esta página web<sup>6</sup> se puede encontrar los modelos de costo de producción para diferentes cultivos, los cuales incluyen información sobre tipo y cantidad de fertilizante aplicado, ciclos de aplicación al año y área cubierta por la información brindada (usualmente 1 ha). Ya con esta información y al igual que se hizo con los cultivos de café, cebolla, tomate y chile dulce, se calcula el aporte de nitrógeno de cada fertilizante con base en su fórmula química y las cantidades aplicadas, con lo cual se calcula un factor de emisión (kg N<sub>2</sub>O/ha al año) tomando en cuenta que un 1 % de todo el nitrógeno aplicado se transforma en N<sub>2</sub>O.

Cuadro 4.5. Información para cultivos desarrollados en Santa Ana brindada por el MAG al 2021

Cultivo	Cantidad de fincas	Área (ha)	Fertilizante (sacos/año)	Fórmula (N-P-K)	Carbonato de calcio (sacos/año)
Cebolla	50	53	424	18-5-15, 12-11-18	-
Café	30	300	3 600	18-5-15	3 000
Frutales	9	50	150	18-5-15	-
Chile Dulce	50	53	424	18-5-15	-
Tomate	50	53	424	18-5-15	-

Esta misma metodología se sigue para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> por uso de cal en los cultivos de café y frijol. Las suposiciones realizadas en cada caso se indican en el inventario, pestaña de Anexos AFOLU, donde se realiza el cálculo de los factores.

Como es de esperar, los cultivos de café presentan la mayor cantidad de emisiones liberadas, al ser los cultivos de mayor extensión. Sin embargo, si se analiza la demanda de fertilizante por hectárea cultivada, el comportamiento es muy distinto. Bajo este escenario, los cultivos de mayor peso son el frijol, la caña y los pastos, con 2.38 tCO<sub>2</sub>e liberadas por hectárea cultivada de frijol, 2.34 tCO<sub>2</sub>e liberadas por hectárea cultivada de caña y 2.60 tCO<sub>2</sub>e liberadas por hectárea cultivada de pastos, esto a pesar de tener una menor extensión cultivada que el café, el cual presenta 0.47 tCO<sub>2</sub>e liberadas por hectárea cultivada. Basados en estos resultados se recomienda centrar esfuerzos en los cultivos de frijol, caña y el desarrollo de pastos, tales como incentivar buenas prácticas agrícolas y la sustitución de fertilizantes químicos por abonos orgánicos.

De igual forma, el inventario contempla las emisiones por actividades ganaderas en la zona. En este caso, la información necesaria se obtiene a través de SENASA y el MAG, quienes brindan información sobre la tenencia de animales bovinos y/o de otros tipos en el cantón para el año estudiado. Esta información se comparó contra la cantidad de animales reportados a través de encuestas agropecuarias. Según los datos obtenidos y lo mostrado en la Figura 4.39, un 17 % de las fincas en el cantón se dedican a actividades ganaderas. La Figura 4.34 muestra la distribución de todo tipo de ganado en el cantón para el año 2021.

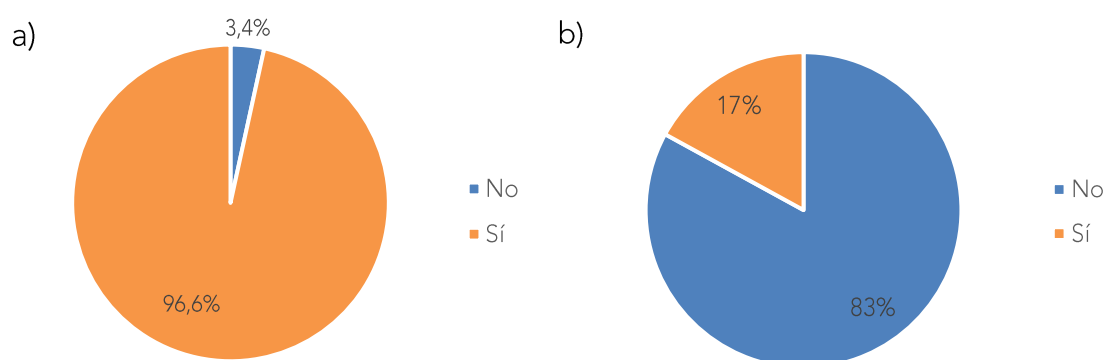


Figura 4.39. Proporción de fincas dedicadas a actividades agrícolas (a) y fincas dedicadas a ganadería (b) en Santa Ana 2021.

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la Figura 4.34, la cría de animales en Santa Ana al 2021 la lideran las aves de corral, con alrededor de 10 mil animales reportados por SENASA. A pesar de esto, la mayor cantidad de emisiones se asocian al desarrollo de ganadería bovina, principalmente el desarrollo de machos adultos para carne o doble propósito y hembras de carne. Si bien se reporta una

<sup>6</sup> [Modelos de Costo de Producción](#)



menor cantidad de ganado bovino en el cantón, los factores de emisión para estos animales son mucho más elevados de lo que se reporta para las aves de corral.

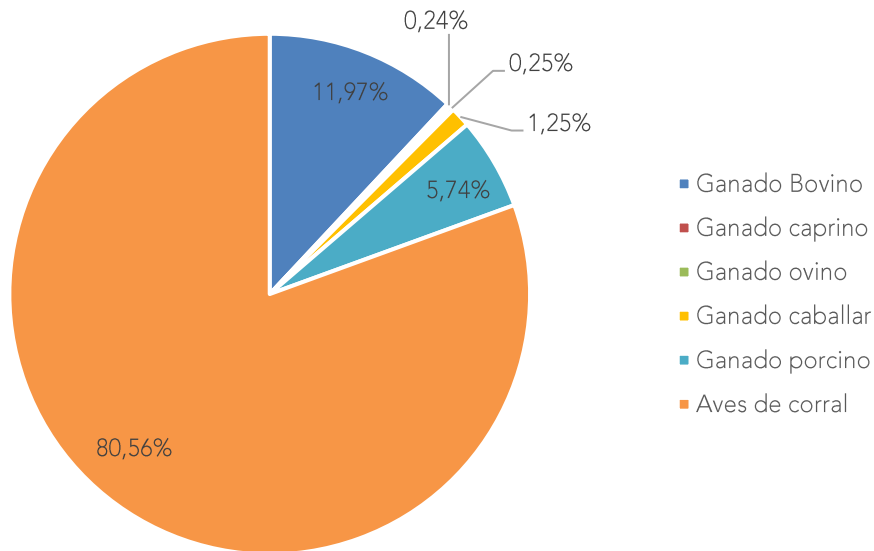


Figura 4.40. Distribución pecuaria en Santa Ana, 2021.  
Fuente: elaboración propia.

Para estimar la cantidad de ganado bovino en el cantón se parte de los datos brindados por el MAG sobre distribución de ganado por edad, propósito y género. A pesar de que el MAG reporta la información con el detalle necesario, SENASA informa sobre una mayor cantidad de animales en el cantón, motivo por el cual se utiliza las distribuciones reportadas por el MAG para calcular la cantidad de ganado bovino con base en el dato total de ganado reportado por SENASA, de 1150 animales. Un detalle importante es que, de acuerdo con la información brindada por el MAG, solo se tiene ganado de tipo doble propósito en el cantón, por lo que otros tipos de ganado reportados en el inventario, tales como ganado de carne o leche, provienen de encuesta a fincas de desarrollo pecuario. La distribución final de ganado se muestra en la Figura 4.35.

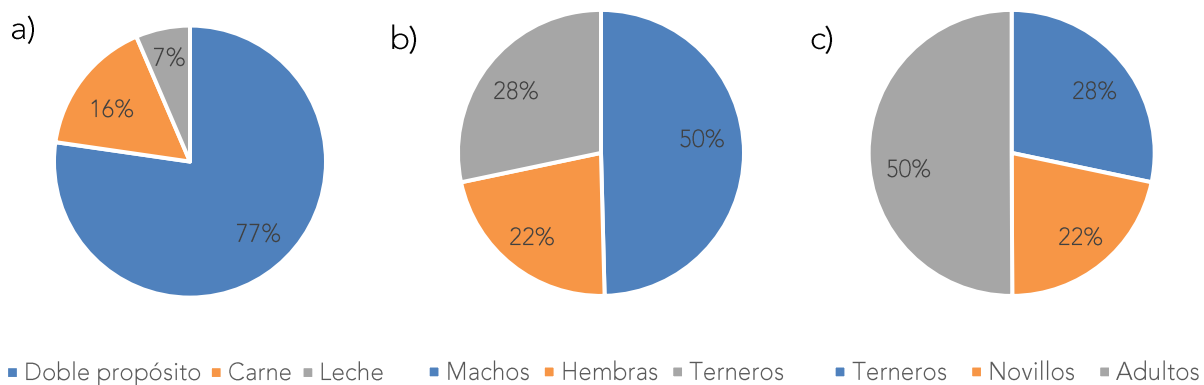


Figura 4.41. Distribución del ganado bovino en Santa Ana, 2021 a) según propósito b) sexo, c) edad.  
Fuente: elaboración propia basado en datos de SENASA y MAG.

También se identifican otros tipos de ganado dentro del cantón según datos brindados por el MAG y SENASA, para ello se decide tomar el mayor dato reportado para cada tipo de ganado. Se identifican ganado caprino, ovino, caballar, porcino y aves de corral.

Luego de contabilizar todas las emisiones de GEI generadas por el manejo pecuario, el uso de fertilizantes nitrogenados, cambio de uso de suelo y otras fuentes de emisión, se obtuvieron los resultados asociados al sector AFOLU. En la Figura 4.42 se muestran las emisiones asociadas a cada subsector. Como se observa, la ganadería es el subsector de mayor importancia. Las emisiones debido al proceso digestivo de machos adultos para doble propósito representan el 44% de las emisiones totales por ganadería.

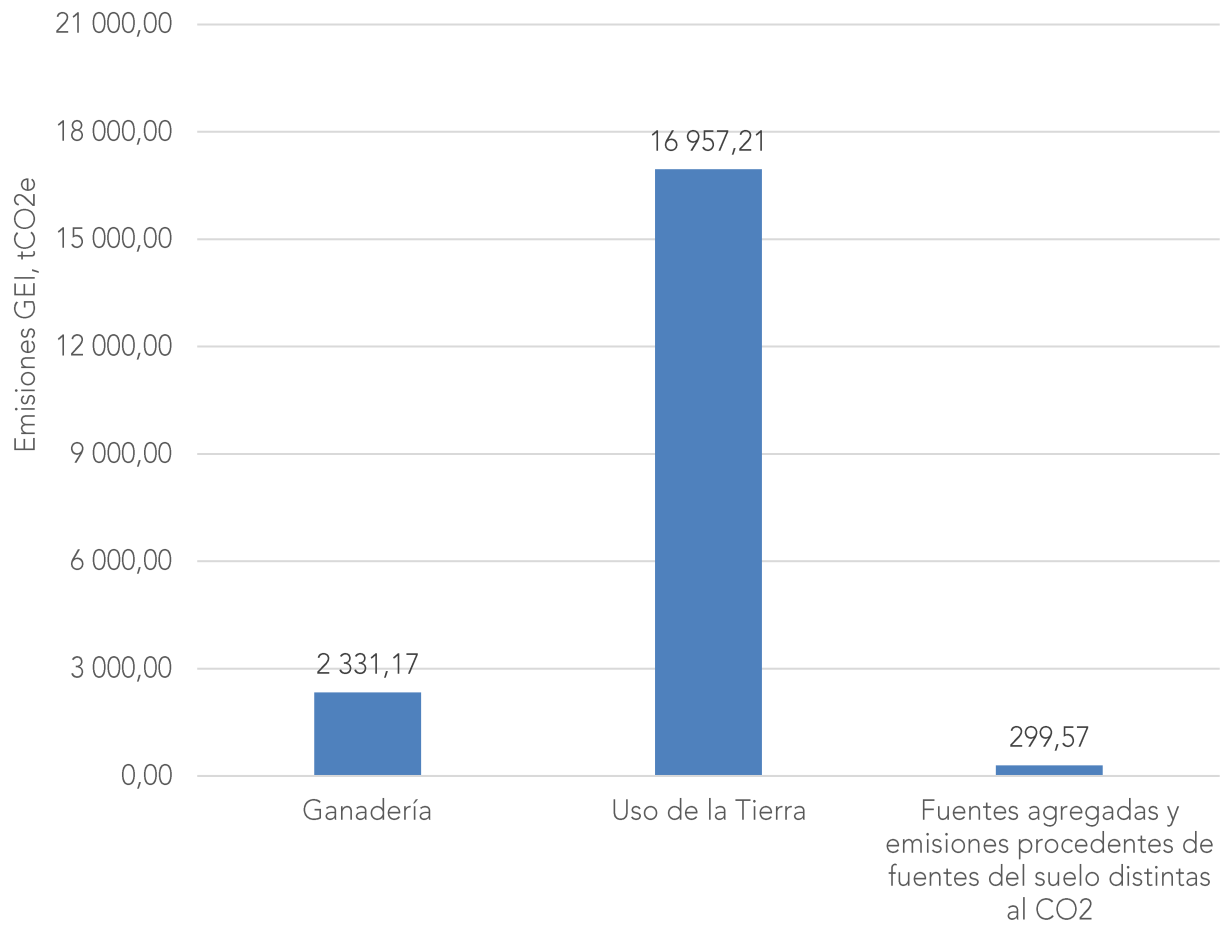


Figura 4.42. Distribución de emisiones y remociones de GEI, para el sector Agricultura, Silvicultura y Otros usos de suelo en Santa Ana 2021. Fuente: elaboración propia.

## 4.6 Inventario de GEI

### 4.6.1 Emisiones totales

A la fecha, el total de emisiones por alcance, en toneladas de CO<sub>2</sub>eq, para el Cantón de Santa Ana en el año de reporte 2021, es el siguiente:

Cuadro 4.6. Distribución de emisiones de GEI para el cantón de Santa Ana 2021, por alcance.

	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Emisiones totales
Total de emisiones por alcance (ton CO <sub>2</sub> eq)	213 415,35	9 021,85	27 493,86	249 931,05
Porcentaje	85 %	4 %	11 %	100 %

Fuente: elaboración propia

A continuación, se detalla el inventario 2021 de emisiones gases de efecto invernadero por sector, de acuerdo con los datos recopilados para el cantón de Santa Ana:

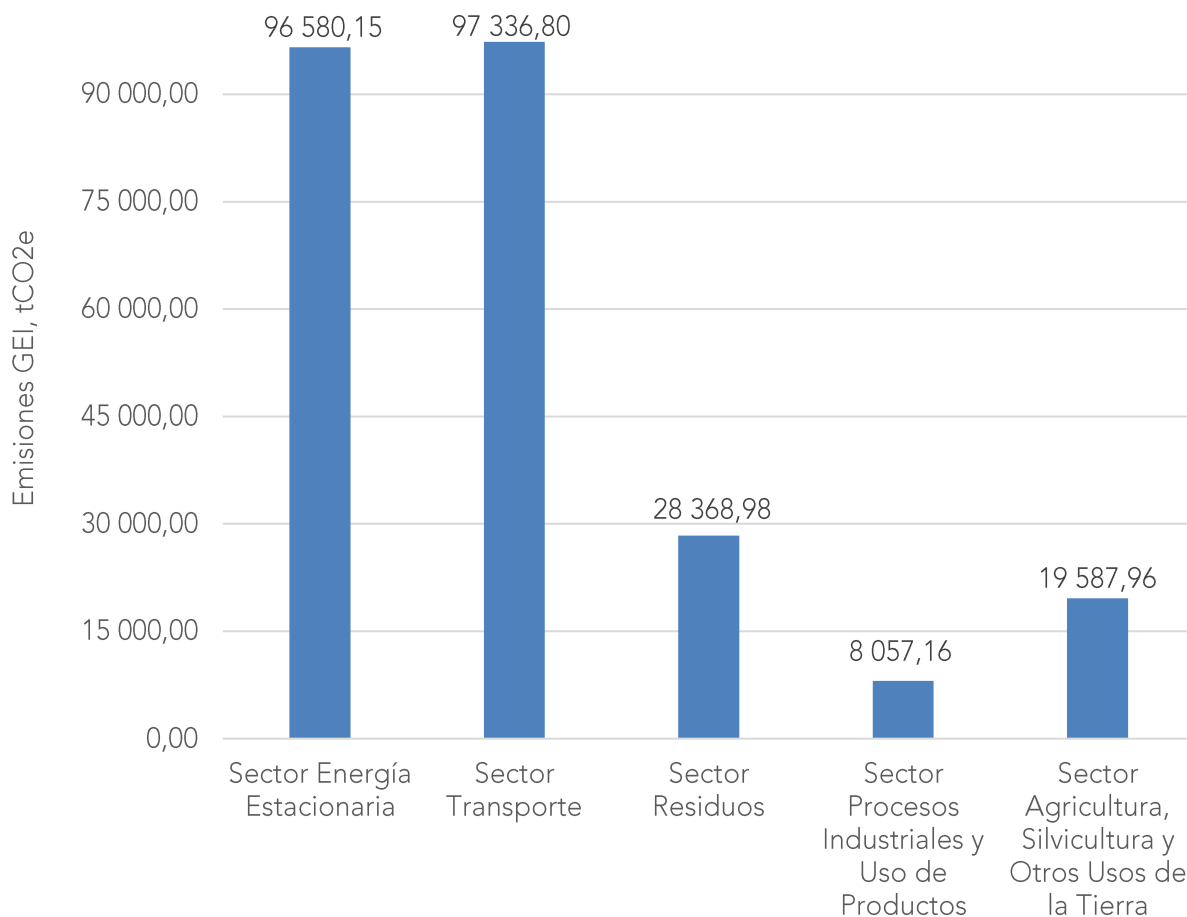


Figura 4.43. Emisiones de GEI totales, por sector, en Santa Ana 2021

Fuente: elaboración propia

### 4.6.2 Remociones netas

Se estima que, en promedio, -2 023.94 tCO<sub>2</sub>e fueron removidas en el año 2021 en Santa Ana. Como se aprecia en la Figura 4.44 y se explica en la sección 4.4, la cobertura forestal dentro del cantón fue clave para la remoción de carbono en Santa Ana.

Es importante aclarar que este ejercicio es una aproximación teórica, la cual deberá ser comprobada en campo por profesionales en ingeniería forestal, para la identificación de masa forestal y factores de remoción locales, no datos teóricos del IPCC 2019.

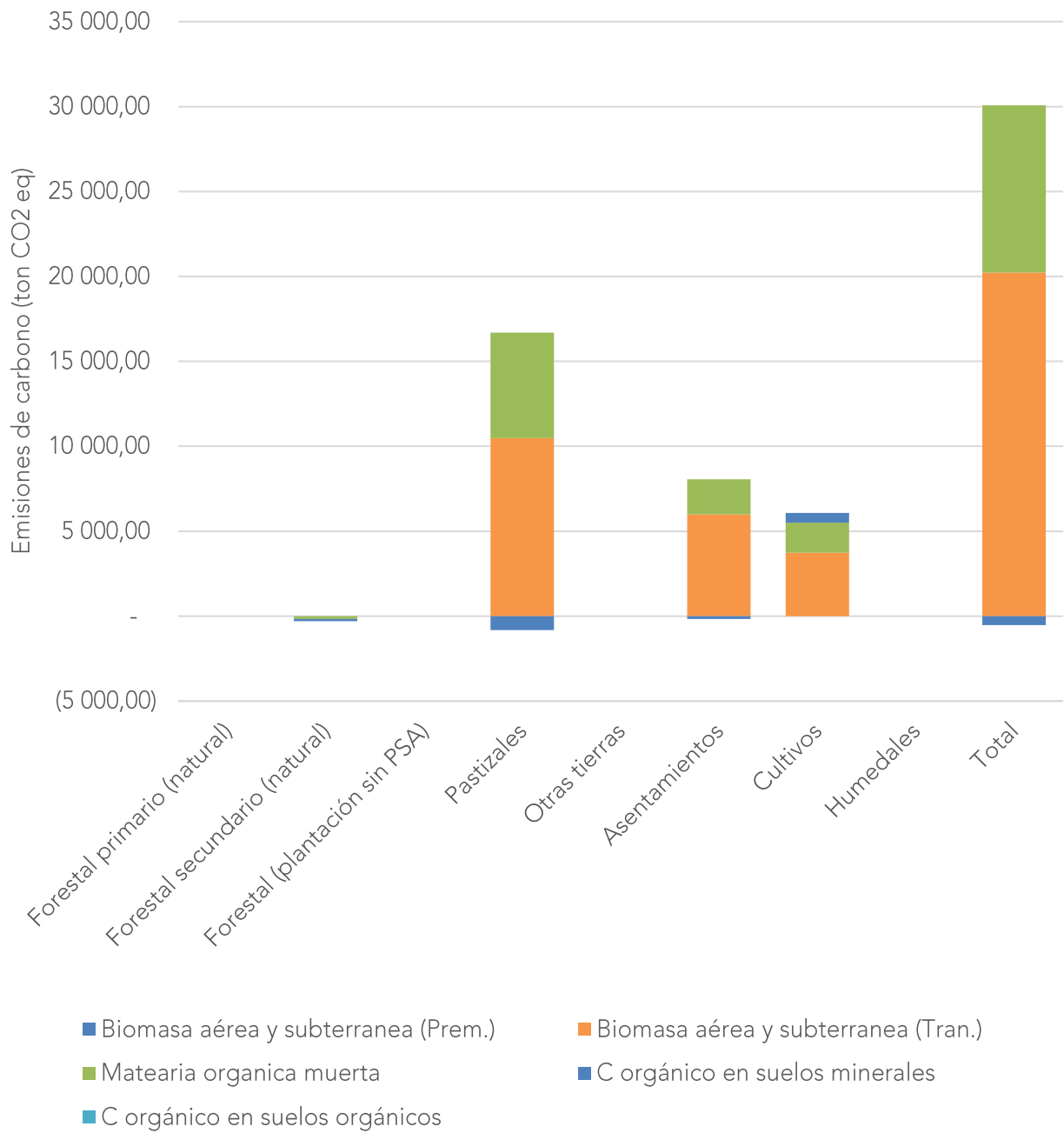


Figura 4.44. Emisiones y remociones de CO<sub>2</sub>e por cambio de uso de suelo en Santa Ana 2021.  
Fuente: elaboración propia

### 4.6.3 Emisiones netas

Considerando las remociones, las emisiones de GEI netas para el cantón en el 2021 fueron 247 907.11 tCO<sub>2</sub>e, como se presenta en el Cuadro 4.7. Por su parte, el Cuadro 4.8 presenta el inventario de emisiones y remociones para el cantón Santa Ana en el año 2021.

Cuadro 4.7. Resumen de emisiones de GEI, por alcance, y remociones de CO<sub>2</sub>e en Santa Ana 2021.

Emisiones GEI (tCO <sub>2</sub> e)	249 931,05
Remociones totales (tCO <sub>2</sub> e)	-2 023,94
<b>Emisiones GEI netas (tCO<sub>2</sub>e)</b>	<b>247 907,11</b>

Fuente: elaboración propia

#### 4.6.4 Emisiones de carbono biogénico

Como se mencionó en la sección 4.1, Sector Energía Estacionaria, se contabiliza el aporte de emisiones por uso de biomasa o biocombustibles. El Cuadro 4.8 resume el total de las emisiones biogénicas asociadas al uso de estos combustibles.

Como se mencionó anteriormente, es importante destacar que el aporte de emisiones del CO<sub>2</sub> biogénico no se toman en cuenta dentro del total para el cantón, siendo estas las emisiones procesadas por el ciclo del carbono, mientras que el aporte de emisiones brindado por el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O, sí es incluido en el total de emisiones de energía estacionaria para el cantón.

**Cuadro 4.8. Total de emisiones biogénicas liberadas por uso de leña y biogás en el cantón (ton CO<sub>2</sub>e)**

Tipo de combustible	tCO <sub>2</sub> e		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Biomasa (leña)	164.85	9.27	1.83
Total de CO <sub>2</sub> biogénico		175.95	
Aporte total del N <sub>2</sub> O y CH <sub>4</sub> al inventario		11.10	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 4.9. Inventario de emisiones y remociones de GEI 2021 por alcance y subsector.

Sector Energía Estacionaria	Alcance 1 (tCO <sub>2</sub> e)	Alcance 2 (tCO <sub>2</sub> e)	Alcance 3 (tCO <sub>2</sub> e)	Porcentaje (%)
Edificios residenciales	926,82	3 977,97	395,81	2,12
Edificios e instalaciones comerciales e institucionales	294,53	3 675,96	365,76	1,73
Industria y construcción	85 419,66	1 354,06	134,73	34,77
Industrias energéticas	1,68	6,71	0,67	0,00
Actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca	17,95	7,15	0,71	0,01
Fuentes no especificadas	NO	NO	NO	0,00
Emisiones fugitivas provenientes de la minería, el procesamiento, el almacenamiento y el transporte de carbón	NO	No aplica	No aplica	0,00
Emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de petróleo y gas natural	NO	No aplica	No aplica	0,00
Sector Transporte	Alcance 1 (ton CO <sub>2</sub> eq)	Alcance 2 (ton CO <sub>2</sub> eq)	Alcance 3 (ton CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje
Por carretera	93 033,16	0,00	3776,95	38,73
Ferroviario	NO	NO	0,00	0,00
Navegación marítima, fluvial y lacustre	NO	NO	NO	0,00
Aviación	NO	NO	NO	0,00
Fuera de carretera	526,70	NO	No aplica	0,21
Sector Residuos	Alcance 1 (ton CO <sub>2</sub> eq)	Alcance 2 (ton CO <sub>2</sub> eq)	Alcance 3 (ton CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje
Disposición de residuos sólidos generados en la ciudad	0,00	No aplica	22 819,24	9,13
Tratamiento biológico de residuos generados en la ciudad	115,82	No aplica	0,00	0,05
Incineración y quema a cielo abierto de residuos generados en la ciudad	2,62	No aplica	NO	0,00
Aguas residuales generadas en la ciudad	5 431,30	No aplica	0,00	2,17

Sector Procesos Industriales y Uso de Productos	Alcance 1 (ton CO <sub>2</sub> eq)	Alcance 2 (ton CO <sub>2</sub> eq)	Alcance 3 (ton CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje
Procesos Industriales	NO	No aplica	No aplica	0,00
Uso de Productos	8 057,16	No aplica	No aplica	3,22
Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra	Alcance 1 (ton CO <sub>2</sub> eq)	Alcance 2 (ton CO <sub>2</sub> eq)	Alcance 3 (ton CO <sub>2</sub> eq)	Porcentaje
Ganadería	2 331,17	No aplica	No aplica	0,93
Uso de la Tierra	16 957,21	No aplica	No aplica	6,78
Fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO <sub>2</sub>	299,57	No aplica	No aplica	0,12

Legenda

	Emisiones de reporte obligatorio
	Emisiones de reporte opcional

Clave de notación

NO	No Ocurre: Corresponde a actividades que no se llevan a cabo dentro del cantón
NE	No Estimado: Corresponde a datos que no se encuentran cuantificados o registrados
IE	Incluido en otro lugar: Corresponde a datos que se encuentran contenidos dentro de otro rubro o sector
C	Confidencial: Corresponde a datos confidenciales, que por su naturaleza se consideran de carácter sensible
N/A	No se cuantifican emisiones de GEI de ese subsector en ese alcance en específico

## 5 Evaluación de la calidad de los datos

Según requiere el PPCN 2.0 en su categoría comunidades, paso 10, se evalúa la incertidumbre cualitativa asociada a los datos recopilados y los factores de emisión utilizados. Para esto, se utiliza la escala de evaluación proporcionada por el programa y que se muestra a continuación:

Alta	<p>Condición 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La información fue suministrada por la autoridad competente y se encuentra incompleta</li> <li>• La información procede de una encuesta estadísticamente representativa</li> <li>• La estimación es de una medición directa</li> </ul> <p>Condición 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La información corresponde al año del reporte</li> </ul>
Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La información fue suministrada por la autoridad competente, pero se tienen indicios de que no está completa</li> <li>• La información procede de un sondeo</li> <li>• La información procede de estudios anteriores, máximo 5 años atrás</li> </ul>
Baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La información fue suministrada por la autoridad competente, pero se tienen indicios de que no está completa</li> <li>• La información procede de un sondeo</li> <li>• La información procede de estudios anteriores, máximo 5 años atrás</li> </ul>

Como se ha mencionado, cada uno de los datos de actividad y factores de emisión utilizados para el cálculo, se evalúan de acuerdo con esta escala y se coloca una explicación sobre los factores considerados para otorgar la calificación de alta, media o baja en cada caso.

Es de suma importancia que cada periodo de implementación se revise cuáles fueron las fuentes de emisión con menor calidad de datos, para poder realizar un esfuerzo consciente en minimizar la incertidumbre de estos en próximos ciclos de evaluación.

El Cuadro 5.1 muestra los resultados de este ejercicio para el inventario 2021.



Cuadro 5.1. Evaluación de la calidad de los datos recopilados para el inventario GEI, por sector

Sector	Fuentes de información	Subcategoría.	Actividad	Calidad de la información	Explicación
Sector Energía Estacionaria	CNFL	Emisiones por el consumo de energía mediante la red eléctrica dentro de los límites del cantón.	Consumo de electricidad distribuida	Alta	Se solicitaron datos de venta directa de electricidad a la distribuidora en el cantón, por tarifa de consumo. Tarifas acordes a subsectores, excepto Agropecuario, que se desagrega a partir de datos de encuestas. Se brinda datos de pérdidas de energía por distribución en red.
	Ministerio de Salud	Emisiones por el consumo de combustibles fósiles en el sector estacionario	Consumo de diésel en calderas	Alta	Se solicitaron datos de consumo de combustibles en calderas del cantón según reportes de operación enviados al MINSA.
	Encuestas realizadas (Hogar, comercio, industria, agropecuario)	Emisiones por uso de combustibles fósiles dentro de los límites de la ciudad	Consumo de GLP, gasolina y diésel a nivel residencial, comercial, agrícola e industrial, así como uso de biomasa.	Alta	Se considera alta ya que la información fue suministrada por encuestas aplicadas a una muestra representativa y la información corresponde al año de reporte. Las encuestas de hogares presentan un 94 % de confianza, mientras que las encuestas a comercios e instituciones y fincas presentan un 90 % de confianza. Los datos de consumo de combustibles fósiles estacionarios se restan de datos de RECOPE incluidos en transporte para evitar doble contabilidad.
	CNFL	Emisiones por la operación de Industrias Energéticas en el cantón	Consumo de combustibles y electricidad en equipo estacionario mayor y menor	Alta	Se solicita datos de consumos de combustible y consumos eléctricos a encargados de las plantas hidroeléctrica y eólica, quienes brindan información sobre el total de emisiones liberadas por actividad, según su inventario organizacional de emisiones 2021.
Sector Transporte	RECOPE	Emisiones por uso de combustibles fósiles para transporte de carretera dentro de los límites del cantón.	Consumo de gasolina y diésel en el cantón en estaciones de servicios y peddlers.	Alta	Datos de venta directa de combustibles en el cantón a estaciones de servicio y peddlers (distribuidor cisterna). Se supone toda venta es consumida en el cantón. Se utiliza datos de encuestas para discernir datos de consumo estacionario.
	Registros municipales	Emisiones por uso de combustibles fósiles para transporte de residuos a relleno sanitario dentro y fuera del cantón.	Consumo de diésel en camiones recolectores	Alta	Datos directos de consumo de diésel en camiones recolectores tanto dentro como fuera del cantón. Se considera alta ya que la información viene de controles directos llevados por la municipalidad para la recolección de residuos.

Cuadro 5.1. Evaluación de la calidad de los datos recopilados para el inventario GEI, por sector

Sector	Fuentes de información	Subcategoría.	Actividad	Calidad de la información	Explicación
	Encuestas realizadas (Hogar, comercio, industria, agropecuario)	Emisiones por uso de combustibles fósiles para transporte por carretera dentro de los límites del cantón y consumo de vehículos eléctricos.	Consumo de combustibles en vehículos particulares, autobuses, maquinaria agrícola y vehículos eléctricos, así como consumo de combustibles de vehículos fuera de carretera.	Alta	Se considera alta ya que la información fue suministrada por encuestas aplicadas a una muestra representativa y la información corresponde al año de reporte. Las encuestas de hogares presentan un 94 % de confianza, mientras que las encuestas a comercios e instituciones y fincas presentan un 90 % de confianza.
Sector Residuos	Municipalidad	Emisiones por los residuos sólidos generados en la ciudad y dispuestos en rellenos sanitarios y vertederos fuera de los límites del cantón	Cantidad de residuos sólidos que se generan en la ciudad anualmente y se disponen en un relleno sanitario localizado fuera de la ciudad	Alta	Datos de residuos ordinarios gestionados por el servicio municipal y dispuestos en relleno sanitario fuera del cantón para 2021.
	Ministerio de Salud	Generación de aguas residuales, ordinarias y especiales, procesadas en planta de tratamiento	Cantidad de carga química y caudal generado a partir de aguas residuales, ordinarias y especiales, procesadas con tratamiento anaeróbico y aeróbico	Media	Datos de operación de las plantas de tratamiento registradas (privadas), según sus reportes operacionales para el año 2021. Se considera calidad media ya que los datos recibidos no incluyen la eficiencia del tratamiento al que se someten las aguas, la cual se toma de referencias válidas, pero no específicas para el país (IPCC). Se indica el lugar de descarga.
	Encuestas realizadas (Hogar, comercio, industria, agropecuario)	Emisiones por los residuos sólidos generados en la ciudad y tratados por incineración, entierro o compost.	Cantidad de residuos sólidos que generan anualmente y el tipo de tratamiento de realiza.	Alta	Se considera alta ya que la información fue suministrada por encuestas aplicadas a una muestra representativa y la información corresponde al año de reporte. Las encuestas de hogares presentan un 94 % de confianza, mientras que las encuestas a comercios e instituciones y fincas presentan un 90 % de confianza.
Sector Procesos Industriales y Uso de productos	Inventario de GEI de refrigeración y A/A para CR (2012-2016)	Factores de emisión por eliminación y servicio de distintos equipos de A/A.	Uso de refrigerantes en instalaciones y equipos comerciales.	Media	Datos recopilados por estudio nacional de emisiones GEI asociadas a uso de refrigerantes para años (2012-2016). Se considera calidad media ya que, aunque los datos son nacionales, se utilizan las proyecciones para el 2020, que no corresponden al año de reporte.

Cuadro 5.1. Evaluación de la calidad de los datos recopilados para el inventario GEI, por sector

Sector	Fuentes de información	Subcategoría.	Actividad	Calidad de la información	Explicación
	Encuestas realizadas (Hogar, comercio, industria, agropecuario)	Emisiones por el uso de productos que ocurre dentro de los límites de la ciudad	Uso de refrigerantes en las instalaciones (R22, R410A, R134A, R600A, R290, R404a). Cantidad de gases recargados en extintores y equipos refrigerantes.	Media	Se considera media ya que, aunque la información fue suministrada por encuestas aplicadas a una muestra representativa y la información corresponde al año de reporte, se necesita de suposiciones y datos no específicos para el área de estudio, de fuentes confiables.
	CNFL	Uso de productos	Uso de productos dentro del proyecto hidroeléctrico Brasil y proyecto de generación eólica, así como uso de gas SF <sub>6</sub> .	Alta	Se solicita datos sobre uso de productos a encargados del proyecto hidroeléctrico Brasil y Parque Eólico Santa Ana, quienes informan que no se reporta consumo del gas SF <sub>6</sub> para el año de reporte. Encargados brindan información de consumo de R22 y R410a.
Sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	MAG	Emisiones por el uso de fuente agregadas distintas de CO <sub>2</sub> dentro de los límites de la ciudad	Emisiones por el uso de suelo en producción de cultivos varios	Alta	Se considera alta ya que la información fue suministrada directamente por el departamento encargado en el cantón.
	Encuestas realizadas (agropecuario)	Emisiones por el uso de fuente agregadas distintas de CO <sub>2</sub> dentro de los límites de la ciudad	Emisiones generadas por la actividad agrícola o pecuaria.	Alta	Se considera alta ya que la información fue suministrada por encuestas aplicadas a una muestra representativa y la información corresponde al año de reporte
	SENASA	Emisiones por procesos digestivos o manejo de estiércol	Emisiones por el uso de suelo en producción de cultivos con FE no registrados por IMN	Alta	Datos sobre tipos de ganado, sexo y propósito para cada especie identificada dentro del cantón.
	Registros municipales/SINAC/SNIT	Emisiones y remociones por el uso de tierra	Emisiones y remociones por el cambio de uso del suelo	Alta	Datos, mapas y capas de uso de suelo tomados de registros municipales, plataformas del SNIT y SINAC.

Fuente: elaboración propia

## 6 Acciones de reducción

### 6.1 Resultados de acciones de mitigación cantonal 2021

Como parte de los esfuerzos municipales para disminuir el impacto climático en el cantón y mejorar la gestión de residuos en el área, la Municipalidad de Santa Ana lleva a cabo eventos de recolección de residuos valorizables que resultan en la recolección de alrededor de 965.8 toneladas de residuos valorizables que se evita enviar a relleno sanitario. La inversión en el centro de recuperación de residuos valorizables y la recolección de esta ronda los 12 millones de colones en el periodo estudiado.

Para esta acción se han compilado resultados y evidencias del proyecto, lo cual ha permitido documentar los datos para el cálculo de emisiones de GEI reducidas o evitadas, comparando estas emisiones contra el escenario de línea base correspondiente.

Acciones de mitigación también son detectadas a través de encuestas a comercios e instituciones, hogares e industrias. Destacan entre estas el uso de residuos orgánicos como alimento para animales, el reciclaje y el compostaje. Es importante destacar que, si bien se detectan acciones adicionales en el cantón a través de encuestas, se reporta únicamente el impacto cantonal de los proyectos de valorización de residuos al ser esta la única acción para la que se logra recopilar evidencias de planificación, ejecución y seguimiento, según demanda la metodología del PPCN 2.0.

Los principales resultados sobre las acciones de mitigación realizadas en Santa Ana en el año 2021 se resumen en el cuadro a continuación.

**Cuadro 6.1. Resultados de las acciones de mitigación cantonales, 2021.**

Acción	Sector	Programa, estrategia o iniciativa	Emisiones reducidas tCO <sub>2</sub> e
1	Residuos	Recuperación de residuos valorizables	1 052.62
<b>Total</b>			<b>1 052.62</b>

### 6.2 Estrategias para el Plan de Mitigación Cantonal 2023-2026

Adicionalmente, se elaboró el Plan de Acción Climática para Santa Ana<sup>7</sup>, el cual contempla acciones tanto de mitigación como de adaptación para la lucha contra el cambio climático en el cantón de Santa Ana. La construcción de este plan contó con los aportes de actores clave de distintos sectores dentro del área de estudio. Este plan tiene como objetivo direccionar las acciones de la CICC, la Municipalidad, la CME y otros actores de importancia para que se diseñen y ejecuten proyectos que permitan una reducción de emisiones de GEI y adaptación y manejo adecuado de riesgos dentro del cantón.

Siendo que el presente informe se enfoca en el aspecto de mitigación de emisiones, siguiendo la metodología del PPCN, las acciones presentadas a continuación corresponden a acciones para la reducción o eliminación de emisiones de GEI únicamente. Para consultar la totalidad de acciones propuestas, tanto en mitigación, como en adaptación, diríjase al documento de "Plan de Acción Climática de Santa Ana".

Ahora bien, tomando en cuenta los sectores con mayor participación en el inventario de emisiones de GEI y la posibilidad de implementación de las distintas acciones según criterios técnicos-ambientales, sociales-políticos y financieros, se priorizaron cuatro estrategias de mitigación que serán impulsadas por el personal municipal. Las acciones se resumen a continuación en el Cuadro 6.2.

La metodología para la priorización de las acciones, así como los puntajes obtenidos para las 10 acciones de mitigación propuestas, sus objetivos, responsables, presupuestos e impactos, se desarrollan en el Plan de Acción Climática complementario a este informe.

<sup>7</sup> La metodología para el diseño del Plan de Acción Climática de Santa Ana, así como la descripción de todas las acciones de mitigación y adaptación propuestas, se muestra en un documento adicional, el cual es un complemento a este informe.

**Cuadro 6.2. Acciones prioritarias del Plan de Mitigación Cantonal PPCNC 2.0, 2021-2024**

Acción	Sector	Programa, estrategia o iniciativa	Nombre de la acción de mitigación
1	Residuos	Manejo de residuos	Recuperación de residuos valorizables
2	Transporte	Movilidad Sostenible	Construcción y/o rehabilitación de aceras
3	Energía	Ahorro de energía	Reducción de consumo energético y reglamento cantonal de construcción sostenible
4	Residuos	Manejo de aguas residuales	Mejora del sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de Santa Ana

Adicional a las 4 acciones prioritarias mencionadas en el Cuadro 6.2 y el resto de las 10 acciones de mitigación propuestas en el Plan de Acción Climática, se identifica 3 acciones transversales de importancia para lograr las metas y objetivos de mitigación en Santa Ana. Las acciones transversales son acciones de apoyo que, si bien no tienen un impacto directo sobre la reducción de emisiones, son clave para lograr la implementación y el buen funcionamiento de las acciones de reducción. Estas acciones suelen enfocarse en la capacitación, la educación, el desarrollo de políticas, financiamiento o comunicación. Las acciones transversales para la mitigación de emisiones propuestas en el Plan de Acción Climática de Santa Ana son:

**Cuadro 6.3. Acciones prioritarias del Plan de Mitigación Cantonal PPCNC 2.0, 2021-2024**

Acción	Sector	Nombre de la acción de mitigación	Objetivo de la Acción transversal
1	Acciones Transversales	Apoyo a iniciativas ambientales	Establecer sistemas de reconocimientos a comercios o industrias que demuestren acciones en la línea de transporte o manejo sostenibles de residuos
2		Talleres y capacitación	Coordinar con empresas del cantón para brindar charlas de educación vial, reciclaje, compostaje y eficiencia energética a colaboradores, centros educativos y comunidades del cantón
3		Fortalecimiento de las campañas de comunicación	Fortalecer las campañas de comunicación desde la Municipalidad de Santa Ana en temas como: -Campañas o iniciativas ambientales (compostaje doméstico, recolección de residuos valorizables, capacitaciones u otros proyectos en curso o futuros) -Alternativas para el tratamiento de residuos y su disposición -Logros y beneficios derivados de las acciones de mitigación en Santa Ana

### 6.3 Objetivos de mitigación a mediano plazo para Santa Ana

De igual forma, con el objetivo de entender cómo se enmarcan los esfuerzos realizados y estimados en la lucha global contra el cambio climático, se calculan los objetivos a mediano y largo plazo para el cantón según metodologías basadas en ciencia (SBT, por sus siglas en inglés) publicadas por el Carbon Disclosure Project (CDP).

Según se establece en el acuerdo de París, el objetivo a nivel mundial para lograr mitigar los impactos del cambio climático es mantener el incremento de la temperatura global por debajo

de los 1.5 °C. Teniendo esta meta en claro, las ciudades que deseen alinearse a este objetivo pueden calcular metas de reducción a mediano y largo plazo que permitan alcanzar la meta, donde el objetivo a largo plazo (establecido como el año 2050) es lograr que la ciudad sea cero netos.

Para calcular el objetivo a mediano plazo (año 2030) en Santa Ana se utiliza el método de alineación al 1.5 °C del One Planet City Challenge (OPCC), el cual es publicado por el CDP y permite el establecimiento de objetivos basados en ciencia. Esta metodología requiere de cierta información base para realizar los cálculos, entre ella:

- El total de emisiones de alcance 1 y 2 para el inventario de GEI en el año 2021.
- Población local para el año estudiado (2017)
- Índice de desarrollo Humano global (IDH) 2017
- Índice de desarrollo Humano del país (IDH) 2017
- Población proyectada al año 2030

Con esta información se calcula el objetivo de reducción para el año 2030 en Santa Ana, cuyos resultados se presentan en el cuadro a continuación:

**Cuadro 6.4. Objetivos de reducción basados en ciencia para Santa Ana**

Total de emisiones por alcance 1 (tCO <sub>2</sub> e)	214 384,84
Total de emisiones por alcance 2 (tCO <sub>2</sub> e)	9 021,85
Emisiones totales (tCO <sub>2</sub> e)	223 406,69
Población al 2021	60 453
Emisiones per cápita (tCO <sub>2</sub> e/persona)	3,70
IDH Nacional (2017)	0,808
IDH Global (2017)	0,736
Factor de corrección del IDH	0,902
Meta de reducción al 2030 (%)	55%
Meta de reducción per cápita al 2030 (tCO <sub>2</sub> e/hab)	1,667
Población proyectada en Santa Ana para el 2030	66 320
Emisiones proyectadas para Santa Ana al 2030 (tCO <sub>2</sub> e) <sup>8</sup>	110 555,92

En otras palabras, para alinearse a las metas globales del Acuerdo de París y contribuir con el objetivo de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de los 1.5 °C, **Santa Ana debe lograr, al año 2030, una disminución de emisiones del 55 %, o bien, lograr una reducción per cápita de 4.10 tCO<sub>2</sub>e/persona al año (emisiones actuales), a 1.67 tCO<sub>2</sub>e/persona al año, considerando únicamente las emisiones de alcance 1 y 2.**

Con esta información y lo presentado en la sección 6.2 de este reporte, si se toman las reducciones logradas en el año 2021, de 1 052.62 tCO<sub>2</sub>e como un punto de referencia para el cantón, se estima que, si se continúa únicamente con las acciones actualmente realizadas de valorización de residuos, al año 2030 solo se habrá logrado un 7.5 % de la meta establecida, lo que resalta la necesidad de implementar nuevas acciones de mitigación en Santa Ana.

Por su parte, si se logra implementar las 10 acciones del plan de mitigación propuesto, se lograría, en el mejor de los escenarios, una reducción anual de 6 558.90 tCO<sub>2</sub>e, lo cual representa un 46 % de la reducción anual necesaria según los objetivos basados en ciencia (reducción que se estima en 14 106.35 tCO<sub>2</sub>e/año), por lo que se considera que, si bien se necesita de una mayor cantidad de acciones que sean además, más agresivas, el conjunto de acciones presentado es

<sup>8</sup> Máximas emisiones de GEI permitidas a Santa Ana en el alcance 1 y 2 al 2030 si se desea cumplir con el objetivo de 1.5 °C establecido en el acuerdo de París.

un buen punto de partida para que el cantón de Santa Ana se alinea a las metas globales de mitigación de emisiones de GEI.

## 7 Objetivos por cumplir del programa "Cities Race to Zero"

Con lo expuesto anteriormente y con el objetivo claro de que la Municipalidad de Santa Ana deberá reducir sus emisiones de carbono en un 55 % al año 2030 para alinearse a los objetivos establecidos en el Acuerdo de Paris, se identifica metas complementarias propuestas por el programa "Cities Race to Zero", las cuales se alinean a las acciones de mitigación propuestas en el Plan de Acción Climática de Santa Ana 2023-2027, documento complementario a este informe.

Entre las metas complementarias del "Cities Race to Zero" que se identifica para el cantón de Santa Ana se encuentran:

Tabla 7.1. Metas del "Cities Race to Zero" que se alinean a los objetivos del Plan de Acción Climática 2023-2027 de Santa Ana

Sector	Meta
Crear una sociedad más inclusiva	Recoger datos espaciales o desagregados para informar el diseño y/o supervisar la implementación de acciones climáticas.
Crear calles verdes y saludables	Ampliar y mejorar el acceso a pie, en bicicleta y en tránsito integrado e identificar las áreas potenciales para futuras zonas de emisión cero para 2025.
Desarrollar edificios con cero emisiones de carbono	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar una hoja de ruta para lograr que los nuevos edificios tengan cero emisiones de carbono a partir de 2030.</li> <li>• Poner en marcha programas piloto de eficiencia e incentivos para la eficiencia energética de los edificios con herramientas que faciliten el acceso a los datos y el análisis de estos (evaluación comparativa) del uso de la energía en los edificios para 2025.</li> <li>• Desarrollar una hoja de ruta para conseguir edificios municipales con emisiones netas de carbono para 2030 y la aprobación de políticas para 2025 para cumplir el compromiso de poseer, ocupar y desarrollar activos municipales con emisiones netas de carbono para 2030.</li> <li>• Promulgar reglamentos y/o políticas de planificación para garantizar que los edificios NUEVOS funcionen con cero emisiones netas de carbono para 2030.</li> </ul>
Avanzar hacia sistemas energéticos resistentes y sostenibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Predicar con el ejemplo con proyectos municipales de energía renovable que maximicen el potencial de los activos municipales para la generación in situ con el objetivo de cubrir la demanda municipal de electricidad con un 100% de energías renovables para 2025.</li> <li>• Asegúrese de que sus políticas siguen la regla de la "eficiencia energética" en primer lugar, de modo que adopte todas las medidas para aumentar la eficiencia de los sectores de uso final.</li> </ul>
Avanzar hacia la basura cero	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar la recogida de todos los residuos generados en la ciudad y la eliminación adecuada de los residuos en, al menos, un vertedero sanitario.</li> <li>• Reducir la generación de residuos sólidos municipales per cápita alcanzando al menos un 8% de reducción en 2025, con acciones como la restricción de materiales de un solo uso, y tasas/incentivos de recogida basados en el volumen como "Pagar por tirar", en camino a una reducción del 15% en 2030.</li> </ul>
Avanzar hacia sistemas de construcción resistentes y sostenibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Predicar con el ejemplo especificando materiales de baja emisión de carbono y maquinaria de construcción de cero emisiones en la contratación municipal.</li> <li>• Premiar el diseño circular y eficiente de los recursos, el uso de materiales de baja emisión de carbono y las obras de construcción con un nivel de residuos bajo o nulo en todos los proyectos nuevos y en las principales adaptaciones en la contratación municipal, los permisos de planificación, las políticas y los procesos y los códigos de construcción.</li> </ul>

## 8 Buenas prácticas

Sobre la gestión de datos e información se identifica como buena práctica el acercamiento a las personas representantes de distintas instituciones y ministerios a nivel local, para invitarles a espacios de información que les permite conocer la razón de ser del inventario. De esta manera, se les involucra en el proceso de recopilación de datos, pero también se genera conciencia sobre el estado del cantón Santa Ana y la necesidad de acción, fomentando de esta manera el puente entre la Municipalidad y los distintos entes colaborativos.

La coordinación multinivel es una buena práctica y una necesidad dentro de este tipo de esfuerzos, por lo que el acercamiento a las organizaciones privadas e instituciones del estado para la obtención de información, uso de datos y aprovechamiento de otras herramientas disponibles, se convierte en un punto clave para la obtención de material para el análisis, construcción del inventario y creación de los planes de acción.

Otra fortaleza identificada es el nivel de interés e involucramiento que muestra el personal municipal para con el proceso de construcción del inventario cantonal, gracias al cual se logra realizar talleres informativos y participativos que nutren el inventario y facilitan la recolección de datos para el mismo. Estas características del personal municipal y los participantes del proyecto vuelven al proceso de aplicación del PPCN más replicable y confiable, abriéndose espacios incluso en reuniones comunales. Es de importancia que los líderes del proyecto continúen capacitándose en los temas de mitigación, adaptación y cambio climático para que Santa Ana logre alcanzar los objetivos planteados.

Destaca de igual manera la atención que brinda el cantón a la gestión y manejo de residuos. Además de encontrarse en proceso proyectos para la recolección de residuos valorizables y contar con su propio centro para la recuperación de residuos valorizables (CRMV), la Municipalidad también se encuentra impulsando proyectos de compostaje doméstico en el cantón. Las acciones de manejo de residuos en el cantón han jugado un papel importante a la fecha en la reducción del impacto del sector, por lo que estas acciones deben de continuarse e incluso fortalecerse en un futuro.

Una situación común encontrada al realizar encuestas fue la disponibilidad que presenta la población a unirse a iniciativas de recolección y tratamiento de residuos, principalmente compostaje domiciliario, la cual muestra el apoyo de un 41 % de la población, lo cual muestra un importante potencial de crecimiento para acciones relacionadas en Santa Ana. De forma general, destacan los niveles de participación logrados por encuestas a hogares, para las cuales se obtienen elevadas muestras y mucha accesibilidad por parte de los encuestados.

Una tarea que se encuentra en proceso de forma paralela a este inventario es el estudio de tránsito promedio diario dentro del cantón, el cual permite entender de mejor manera cuáles son los patrones de movilidad en Santa Ana para ligarlo con sus causas y posibilidades de mejora. Estudios como estos ayudarán a cuantificar el impacto de las diferentes acciones por realizar, principalmente en el sector transporte, tales como la movilidad activa o apoyo a ciclovías o bien, el fomento a la caminabilidad, además de facilitar la justificación de proyectos que se enfoquen en mejorar las condiciones de movilidad por medio de desplazamientos sostenibles.

Otras acciones como fomentar la capacitación en temas ambientales, valorización de residuos, compostaje doméstico, adaptación y mitigación ya se han llevado a cabo dentro del cantón, particularmente charlas sobre clasificación y valorización de residuos. A pesar de esto, la educación continua en temas ambientales es fundamental para lograr el éxito de las iniciativas de mitigación, por lo que programas de capacitación relacionados de la mano de entes como la CNFL, para el ahorro de energía, MINSA, para ahorro de agua y manejo de residuos, MAG, para la promoción de proyectos NAMA e incluso RECOPE como conducción eficiente, son de importancia.

En contraste, un promedio de 38 % de los habitantes en el cantón mencionan no estar dispuestos a realizar acciones de mitigación, argumentando falta de tiempo, desconocimiento, limitaciones económicas o condiciones personales. Sobre esta línea, la comunicación de los logros obtenidos con acciones y el acceso a la información y estadísticas relacionadas se vuelve un punto clave.



## 9 Lecciones aprendidas y oportunidades de mejora

Si bien se recopilieron datos que permiten hacer un levantamiento de la información clave del cantón, todavía quedan desafíos sobre cómo llegar a algunos sectores (particularmente el sector agropecuario e industrial, que fueron los más complicados de lograr) y que se comprometan para que de manera sistemática sean parte de este proceso de inventario cada tres años.

Lograr el compromiso continuo de los integrantes de la Comisión Intersectorial de Cambio Climático es un factor clave para lograr el proceso continuo del inventario. Una comisión más grande y variada significa mayor facilidad en el proceso de recopilación de datos, articulación de acciones y el alcance de metas propuestas, por lo que se recomienda mantener actualizadas listas de contactos, identificar e integrar a personas clave del sector transporte (como MOPT, CONAVI o RECOPE) y el sector agrícola (como el CAC de Santa Ana o la AEA del cantón).

De igual forma, se identifican instituciones o entes locales que no parecen conocer sobre el programa y los esfuerzos nacionales realizados para recopilar información de GEI, lo que genera barreras de acceso a la información. Situaciones como estas evidencian la oportunidad de que a nivel local/cantonal, dentro de instituciones nacionales, se realicen esfuerzos para capacitar y sensibilizar al personal involucrado sobre la importancia de digitar y abrir datos que permitan la creación de los inventarios cantonales sin mayor dificultad.

Situaciones como estas evidencian la oportunidad de que a nivel local/cantonal, dentro de instituciones nacionales, se realicen esfuerzos para capacitar y sensibilizar al personal involucrado sobre la importancia de digitar y abrir datos que permitan la creación de los inventarios cantonales sin mayor dificultad.

A nivel industrial y comercial, uno de los mayores obstáculos encontrados es la recopilación de contactos. Distintos motivos, entre ellos la crisis de salud vivida en los últimos años, han hecho que comercios cierren o se muden fuera de los límites del cantón, por lo que muchos teléfonos y correos registrados en patentes se encuentran desactualizados o fuera de uso. Listas de contactos obtenidos a través de plataformas como páginas amarillas también se encontraban desactualizadas, por lo que una de las principales recomendaciones dadas para la continuidad del proceso de inventario es el levantamiento de contactos fidedignos en los diferentes sectores de interés.

A nivel agropecuario la situación probó ser más complicada. Recopilar suficientes teléfonos o correos para lograr contactar a los productores fue una difícil tarea, en particular por sospechas de estafas o robos electrónicos que se vuelven más comunes día a día. Lograr una muestra representativa en este sector requirió la participación en actividades como la Feria del Agricultor para lograr las muestras necesarias.

Por otro lado, la inclusión de herramientas para medición y seguimiento de las acciones propuestas es clave para determinar el impacto en las reducciones del inventario a futuro. Podría considerarse el incluir presupuesto para monitorear el impacto de acciones como compostaje o construcción de aceras, antes de comenzar con los proyectos, de forma que, dentro de tres años, cuando se deba actualizar el proceso de inventario, exista información fidedigna que respalde (y garantice) el cálculo de reducciones de GEI.

Estos seguimientos se pueden realizar a través de la aplicación de encuestas a personas participantes, una vez completadas las acciones de mejora. Es importante que estos instrumentos se diseñen con el objetivo de demostrar el impacto de la acción de reducción, por lo que debe tenerse en claro los datos necesarios para realizar el cálculo de emisiones mitigadas. De igual manera, estas encuestas deben preguntar directamente a los usuarios por el efecto que sienten ha tenido la acción de mitigación, es decir, preguntar de forma directa si estas personas consideran que la acción ha influido en la manera en que se desplazan o la cantidad de residuos que manejan.

Dentro de los principales puntos de mejora se encuentran la gestión del transporte (o en general, la movilidad) dentro del cantón, sobre la cual no se identifican acciones de mitigación planificadas e implementadas en el 2021. Siendo este el principal sector del inventario de emisiones de GEI, es importante concentrar esfuerzos en lograr una movilidad más ágil y sostenible dentro del cantón.

Por último, debe tomarse en consideración la importancia de levantar encuestas cada vez más robustas, exhaustivas y eficientes, que permitan la recopilación de los datos necesarios, pero no agoten a la persona encuestada. La revisión de estas herramientas contra los datos de inventario y metodologías de cálculo es importante para lograr la mejora necesaria.

Además de esto, la divulgación sobre el propósito de las encuestas, el destino de la información y los encargados de la aplicación de estas, son puntos que deben recordarse constantemente a

los habitantes del cantón, con el fin de que se sientan interesados en colaborar, pero también seguros de que los datos brindados serán confidenciales y beneficiosos. Esta observación se realiza ya que, en muchos casos, al momento de procesar datos de encuesta, se notó que estas se encontraban incompletas o no brindaban la información necesaria.

Una forma de lograr una mayor inclusión en las actividades del PPCN 2.0, es hacer una constante publicación de las metas logradas y los beneficios que estas actividades traen a los habitantes del cantón. Esta recomendación se hace no solo para el proceso de inventario, sino también para todos los esfuerzos municipales, ya que una de las principales conclusiones obtenidas de encuestas, es que existe mucho desconocimiento sobre los proyectos que se está realizando y el motivo o beneficio general que estas acciones traen consigo.

Sobre esta línea, la Figura 8.1 muestra la distribución de personas dispuestas a participar en acciones de mitigación, personas no dispuestas y acciones ya realizadas. Como se observa, actividades como el uso de bombillos de alta eficiencia o LED y el uso de transporte público son las acciones más comúnmente realizadas en hogares del cantón.

Por su parte, acciones como la instalación de paneles solares, tanques solares para calentamiento de agua, así como el uso de la bicicleta, la participación en iniciativas municipales y formar parte de organizaciones ambientales, muestran altos porcentajes de resistencia, con hasta un 58 % de la población mencionando no estar dispuesto a participar de este tipo de iniciativas. Además de los factores económicos, el desconocimiento, la falta de tiempo, situaciones personales y necesidad de capacitación son algunos de los principales motivos por los cuales las personas mencionan no estar dispuestos a realizar acciones para luchar contra el cambio climático. Como se mencionó anteriormente, la capacitación, divulgación de resultados y beneficios, así como vinculaciones estratégicas con distintos entes, que permitan el financiamiento y promoción de estas acciones, son formas clave en las que se puede reducir el porcentaje de escepticismo mostrado por la población.

Finalmente, será clave difundir los resultados del inventario y las acciones del Plan de Acción Climático ante los organismos e instituciones del cantón según se requiera, con el fin de obtener el apoyo, respaldo y recursos necesarios para el desarrollo y ejecución de los programas propuestos. La coordinación de los encargados municipales con otros departamentos como Acueductos, Planificación Urbana, entre otros, es una base fundamental, que debe acompañarse con una articulación externa a través de la Comisión Intersectorial de Cambio Climático y la CME.

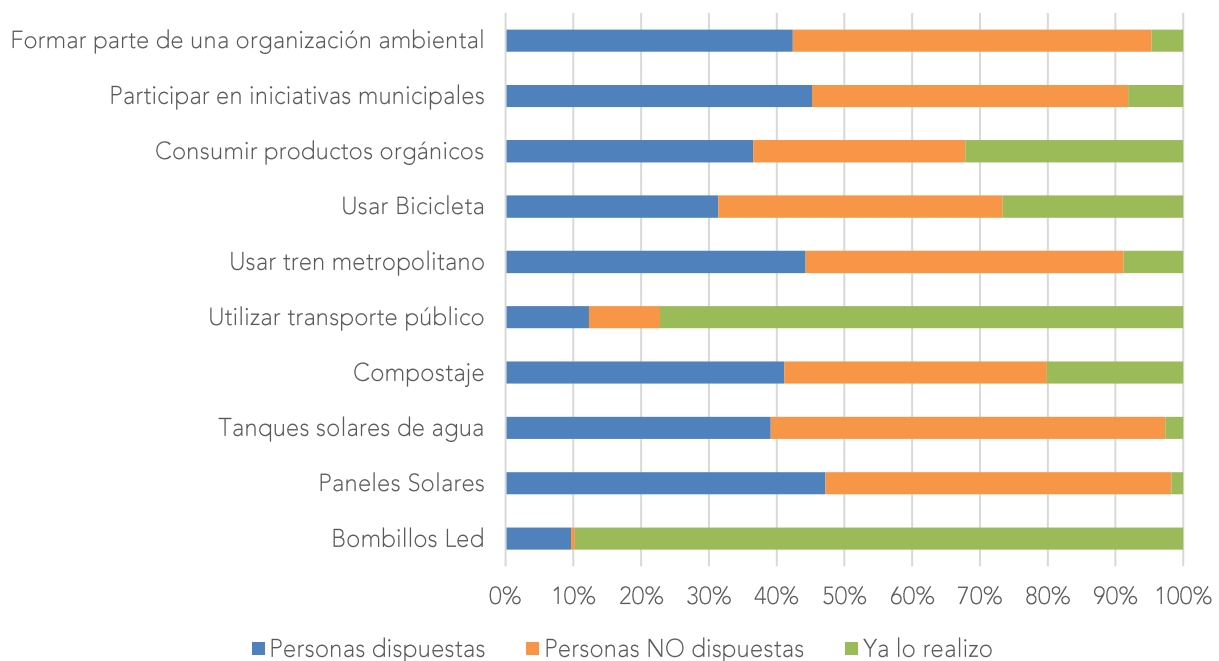


Figura 9.1. Apertura cantonal hacia acciones de mitigación propuestas en el sector residencial  
Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta a hogares.

## 10 Conclusiones

- Santa Ana logró elaborar su inventario cantonal de gases de efecto invernadero, contando con datos representativos de las actividades que están generando emisiones en el territorio.
- Para 2021, el sector que más emisiones generó fue el sector Transporte con 97 336.80 tCO<sub>2</sub>e (38.64 % del inventario), seguido por el sector Energía Estacionaria con 97 336.80 tCO<sub>2</sub>e (38.95 %), de tercero el sector Residuos con 28 368.98 tCO<sub>2</sub>e (11.35 %), luego el sector Agricultura Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU), con 19 587.96 tCO<sub>2</sub>e (7.84 %) y por último el sector Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) con 8 057.16 tCO<sub>2</sub>e (3.22 %).
- Se estimaron – 2 023.94 tCO<sub>2</sub>e removidas para el año de estudio. Se destaca el papel que juega la cobertura boscosa del cantón, responsable de la mayor parte de las remociones según el estudio de cambio de uso del suelo del año 2005 al 2017.
- Al considerar las remociones, el cantón reporta unas emisiones netas de 247 907.11 tCO<sub>2</sub>e en 2021.
- El subsector que representa el mayor impacto en emisiones es transporte por carretera con 96 810.11 tCO<sub>2</sub>e. Dado que una porción importante de la población laboral debe salir del cantón para llegar a su lugar de trabajo, acciones orientadas a la infraestructura vial y el transporte público son vitales para el cantón.
- El segundo subsector de mayor impacto es el consumo energético en construcción e industrias manufactureras, con 86 908.45 tCO<sub>2</sub>e. El consumo de GLP en este sector es el que genera la mayor cantidad de emisiones, por lo que acciones orientadas a la reducción del consumo de este combustible podrían tener un impacto importante.
- A nivel de alcances, el alcance 1 presenta un total de emisiones de 213 415.35 tCO<sub>2</sub>e, mientras que el alcance 2 reporta un total de 9 021.85 tCO<sub>2</sub>e. El alcance 3, en contraste, muestra un total de 27 493.86 tCO<sub>2</sub>e.
- Al analizar los resultados por cantidad de habitante, se encuentra un total de 4.10 tCO<sub>2</sub>e por persona para las 60 453 personas estimadas por la Municipalidad al 2021 en el cantón.
- El primer Plan de Acción Climática para Santa Ana, estima un potencial de reducción de emisiones de GEI de hasta 6 273.70 tCO<sub>2</sub>e en el escenario más prometedor, es decir, un potencial de reducción de un 2.53 % respecto al total bruto estimado para el 2021.
- Las reducciones para el año 2021 se concretan en esfuerzos de recolección de residuos valorizables a través de los cuales se logra una reducción de 1 052.62 tCO<sub>2</sub>e, es decir, una reducción de un 0.42 % respecto al total bruto estimado para el 2021.
- Con respecto al abordaje metodológico para la recolección de los datos, se concluye la pertinencia de utilizar una combinación de técnicas, debido a que, si bien las instituciones y los diferentes actores locales/nacionales poseen información necesaria para el inventario; en lo que respecta a datos micro o muy específicos del cantón, fue fundamental buscarlos a través de diversos medios, con personas clave y aplicación de encuestas.
- El proceso de recolección de datos por medio de encuestas, si bien permitió un acercamiento a la realidad en ciertos sectores, evidenció el desafío y la necesidad de trabajar de manera más vinculada entre los diferentes actores cantonales, para establecer sistemas de manejo de información y datos propios que permitan inventariar, medir y analizar el estado del cantón. Destaca la necesidad de levantar listas de contactos actualizadas y exhaustivas, especialmente en el sector agropecuario, comercial e industrial.
- De acuerdo con los objetivos basados en ciencia (SBT) la meta de mitigación para Santa Ana en el mediano plazo debe ser la reducción de un 55 % de sus fuentes de emisión para el año 2030, esto si el cantón busca contribuir con el objetivo establecido en el acuerdo de Paris de mantener el aumento de la temperatura global promedio por debajo de 1.5 °C.
- Un aspecto positivo del proceso de levantamiento de información por medio de encuestas es que se evidencia el interés, así como obstáculos o impedimentos, que encuentra la ciudadanía en temas de mitigación y mejora continua del cantón.

Las conclusiones se resumen en el cuadro a continuación:

Tabla 10.1. Conclusiones de importancia para el proceso de construcción del inventario cantonal de emisiones de GEI Santa Ana 2022

Sector	Alcance 1 (tCO <sub>2</sub> e)	Alcance 2 (tCO <sub>2</sub> e)	Alcance 3 (tCO <sub>2</sub> e)	Emisiones totales (tCO <sub>2</sub> e)	Porcentaje (%)
Sector Energía Estacionaria	86 660,63	9 021,85	897,67	96 580,15	38,64
Sector Transporte	93 559,85	0,00	3 776,95	97 336,80	38,95
Sector Residuos	5 549,74	No aplica	22 819,24	28 368,98	11,35
Sector Procesos Industriales y Uso de Productos	8 057,16	No aplica	No aplica	8 057,16	3,22
Sector Agricultura Silvicultura y Otros Usos de la Tierra	19 587,96	No aplica	No aplica	19 587,96	7,84
Total de emisiones de GEI (tCO <sub>2</sub> e)				249 931,05	
Total de remociones de GEI (tCO <sub>2</sub> e)				-2 023,94	
Total de Emisiones Netas de GEI (tCO <sub>2</sub> e)				247 907,11	

Emisiones per cápita (tCO <sub>2</sub> e/persona)	4.10 tCO <sub>2</sub> e/persona
Reducciones alcanzadas en el 2021 (tCO <sub>2</sub> e)	1 052.62 tCO <sub>2</sub> e
Potencial de reducción de acuerdo con el Plan de Acción Climática 2023-2027	6 273.70 tCO <sub>2</sub> e 2.53 % respecto a inventario 2021
Meta de reducción de acuerdo con los SBT para alinearse al compromiso de 1.5 °C en el mediano plazo (2030)	55 % del alcance 1 y 2
Reducción anual necesaria para alcanzar la meta del 55 %	14 106.35 tCO <sub>2</sub> e

## 11 Recomendaciones

De forma general, para la realización del inventario se recomienda:

- Que la Municipalidad coordine la recopilación de datos necesarios con una antelación de al menos tres meses. Estas solicitudes deben ser dirigidas a las de instituciones encargadas. Por ejemplo, la Dirección Regional del Ministerio de Salud correspondiente al cantón.
- Que se integre a la Comisión Intersectorial, representantes de gremios de sectores productivos de interés, como el Centro Agrícola Cantonal, asociaciones de desarrollo comunal o agrícola, la CNFL, MOPT, MAG u otros que puedan tener estudios o información de utilidad sobre el cantón.
- Que se coordine, de parte de la DCC, la elaboración y facilitación de datos a los participantes en las plataformas digitales de los entes rectores, por ejemplo:
  - Datos de plantas de tratamiento de aguas, inscritas ante el Ministerio de Salud
  - Datos de sistemas de tratamiento biológico, inscritos ante el Ministerio de Salud
  - Datos de residuos especiales tratados por gestores autorizados, inscritos ante el Ministerio de Salud
  - Datos de cambio de cobertura forestal y emisiones asociadas, contabilizado por FONAFIFO para los inventarios nacionales
  - Datos de tránsito vehicular cantonal por tipo, origen y destino, recopilados por parte del MOPT
  - Datos de uso de refrigerantes y lubricantes en comercio, recopilados por el PBAE-Cambio Climático y PPCN categoría organización.
- Gestionar recursos adicionales por medio de las organizaciones del Comité Intersectorial, que permita contar con apoyos como personal, estudiantes u otros para fortalecer el proceso de recolección de datos en instituciones y a través de encuestas.

- Dar continuidad a los esfuerzos municipales y cantonales ya existentes en los temas de mitigación y adaptación y promover la sinergia entre los distintos actores identificados en el cantón, así como asegurar la actualización de un equipo de trabajo comprometido para lograr los objetivos planteados.
- Potenciar las herramientas ya existentes en la municipalidad, tales como bases de datos, plataformas de encuestas, redes sociales, aplicaciones, plataformas digitales y presenciales, con el fin de que estas se transformen en medios útiles para medir e inventariar información clave de sus diversos sectores.
- Asegurar una mayor divulgación sobre las metas logradas, actividades en proceso y necesidades de la Municipalidad de Santa Ana.
- Incluir dentro del quehacer de la Municipalidad, la ejecución y análisis de encuestas a nivel de cantón y otros monitoreos periódicos, que permita la medición de resultados de las acciones de mitigación y adaptación en desarrollo y la comparabilidad en el desempeño de la gestión de cambio climático.
- Acercar y dar seguimiento a sectores como el agropecuario, el comercial e institucional y dar seguimiento con mayor atención para llegar a conocerlos, relevarlos y documentarlos con la información necesaria para futuros inventarios, así como para planear y ejecutar acciones de mitigación.
- Fortalecer la estrategia de comunicación e información acerca de las necesidades de colaboración y participación tanto a la población en general como a los diferentes sectores que pueden ser colaboradores y facilitadores de datos e inclusive para que sean participantes activos tanto en la recopilación como en la elaboración de planes de acción necesarios para contribuir a la mitigación.

A continuación, se resumen algunas recomendaciones específicas al manejo de información y datos para la elaboración del inventario cantonal de GEI.

Cuadro 11.1. Recomendaciones para mejorar la calidad de información, por fuente.

	Tipos de información	Buenas prácticas	Barreras o dificultades	Recomendaciones para mejorar la calidad de los datos
<b>Sector Energía Estacionaria</b>	Datos de combustible	Recope cuenta con anuario de ventas y datos por cantón que pueden contrastarse con datos de estaciones de servicio	Contrastar datos con información de estaciones de servicio. Datos de consumo energético en AFOLU deben obtenerse por encuesta.	Gestionar datos de venta de combustible de Recope con clasificación CIU
	Datos de gas LP	Población colabora con datos de encuestas	Legitimidad de los datos.	Gestionar datos con empresas encargadas de ventas de GLP en el cantón.
	Datos de electricidad	Proveedores cuentan con datos desglosados por tarifa	Sector AFOLU debe recopilarse por encuestas.	Gestionar datos de venta de electricidad con clasificación CIU
	Datos de industria energética	Industria energética lleva el inventario organizacional de emisiones	No se detecta barreras, CNFL brinda toda la información solicitada.	Coordinar la entrega de los datos con anterioridad.
	Datos por subsector	Hay empresas con inventarios GEI o reconocimientos ambientales.	Solicitud de información sobre buenas prácticas a empresas.	Solicitar información de PBAE-CC y PPCN organizacional a empresas y comercios que participan en el cantón.
<b>Sector Transporte</b>	Datos de combustible	Recope cuenta con datos por cantón para estaciones de servicio	Complementar con datos de encuestas para obtener información de vehículos fuera de carretera y desagregar respecto a energía estacionaria.	Gestionar datos de venta de combustible de Recope con clasificación CIU y aplicar encuestas agrícolas para lograr desagregar al sector.
	Datos por subsector	Aplicación de encuestas presenciales	Aplicación de encuestas a sectores como Agropecuario	Diseño y aplicación de encuestas con anticipación
<b>Sector Residuos</b>	Datos de residuos ordinarios	Municipalidad cuenta con datos de gestión municipal		Coordinar la entrega de los datos con anterioridad.
	Datos de residuos especiales	Se cuenta con datos de encuestas para entierro e incineración	Hogar, comercio, AFOLU e industria colaboran con datos de residuos especiales.	Continuar con solicitud de datos de encuestas.
	Datos de tratamiento biológico	Se cuenta con datos de encuestas para compostaje	Hogar, comercio y AFOLU colaboran con datos de tratamiento biológico	Continuar con solicitud de datos de encuestas.
	Datos de tratamiento de aguas	Datos brindados por MINSA	Conversión de datos a unidades necesarias.	Solicitar datos con anticipación

Cuadro 11.1. Recomendaciones para mejorar la calidad de información, por fuente.

	Tipos de información	Buenas prácticas	Barreras o dificultades	Recomendaciones para mejorar la calidad de los datos
	Datos por subsector	Aplicación de encuestas presenciales	Aplicación de encuestas a sectores como Agropecuario	Diseño y aplicación de encuestas con anticipación
<b>Sector Procesos Industriales y Uso de productos</b>	Datos de uso de productos	Se cuenta con datos de encuestas por parte del sector residencial, comercial, AFOLU e industrial.	Muchas empresas y residencias desconocen el tipo de refrigerante, equipo o carga de refrigerante que manejan.	Concientización sobre la importancia del correcto manejo y el conocimiento sobre los refrigerantes manejados.
	Datos de uso de lubricantes	Se cuenta con datos de encuestas para consumos de lubricantes alimentados y combustionados.	Hogar, industria, comercio y AFOLU colaboran con datos de uso de lubricantes.	Continuar con solicitud de datos de encuestas.
	Datos por subsector	Aplicación de encuestas presenciales	Aplicación de encuestas a sectores como Agropecuario, Desconocimiento de datos de uso de productos	Diseño y aplicación de encuestas con anticipación.
<b>Sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra</b>	Datos del sector agrícola	MAG facilita información disponible.	La información disponible se encuentra incompleta ya que es de entrega voluntaria, por lo que se debe aplicar encuestas agropecuarias para complementar	Crear una base de datos actualizada con apoyo de representantes destacados del sector, sobre teléfonos y contactos dentro del sector agropecuario.
	Datos del sector pecuario	SENASA facilita información disponible.	Se necesita ampliar el conocimiento del sector agropecuario en el cantón	Crear una base de datos actualizada con apoyo de representantes destacados del sector.
	Datos de uso de fertilizantes	InfoAgro/SEPSA cuenta con estimaciones de costo de producción por cultivo, incluido cantidad de consumo de fertilizantes por hectárea. Datos se obtienen por datos del MAG.	Cálculo de uso de fertilizantes, el cual se debe realizar a través de datos de los modelos de costo de producción del MAG.	Crear una base de datos actualizada con apoyo de representantes destacados del sector.
	Datos de cambio de uso del suelo	Cálculos e información necesaria se realizan con apoyo de plataforma SNIT.	Necesidad de manejo de programas de información geográfica para realizar estudio de cambio de uso de suelo a través de los años	Trabajo conjunto con profesionales de información geográfica
	Datos por subsector	Aplicación de encuestas presenciales	Aplicación de encuestas a sectores como Agropecuario	Diseño y aplicación de encuestas con anticipación

## 12 Anexos

### Anexo A. Aplicabilidad de la metodología

A continuación, se muestra una breve evaluación de la aplicabilidad de la metodología propuesta por el PPCNC 2.0, sus puntos de mejora y fortalezas para el cantón y la capacidad real que tiene el mismo para replicar la experiencia. La aplicabilidad de la metodología se basa en qué tan posible es para la municipalidad, el replicar el ejercicio en cuestión por su cuenta en años venideros y se le da una calificación de "Alta" (fácil de replicar), "Media" o "Baja" de acuerdo con lo observado durante esta experiencia de implementación. De igual forma, la facilidad de implementación se califica como "Alta Facilidad", "Facilidad Media" o "Poca Facilidad" de acuerdo con la capacidad de respuesta, el tiempo invertido y la calidad de producto final para cada paso.

Si bien podría pensarse que todo ejercicio considerado como difícil, será también considerado como poco replicable (baja aplicabilidad de metodología), este no es necesariamente el caso, ya que, para considerar la calificación sobre aplicabilidad, se toma además en cuenta el impacto del aprendizaje. De esta forma, si un ejercicio se califica como difícil, pero altamente replicable, es porque se considera que la capacidad instalada en la municipalidad para ese ejercicio fue alta, y no habrá problema en repetir la experiencia en años próximos. El Cuadro 12.1 muestra los resultados.



Cuadro 12.1. Aplicabilidad de la metodología PPCNC 2.0.

Paso de la metodología PPCNC 2.0	Facilidad de Implementación	Fortalezas	Puntos de mejora y recomendaciones	Aplicabilidad de la metodología
1. Compromiso Municipal	Alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>La oficialización del compromiso municipal se llevó a cabo de forma rápida y precisa de acuerdo con las necesidades del PPCNC 2.0</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se encuentra ninguno</li> </ul>	Alta
2. Creación de la comisión intersectorial de Cambio Climático	Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>La comisión intersectorial se realiza de manera rápida e incluye a miembros de la Municipalidad y la Alianza Climática del cantón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda buscar integrantes de CNFL, RECOPE, MOPT, COSEVI, MAG, SENASA, MINSA u otros de importancia</li> </ul>	Alta
3. Selección del límite del inventario	Alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sondeo sobre la situación del cantón se realiza de forma rápida y no se encuentra ningún inconveniente para implementar un límite cantonal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se encuentran puntos de mejora</li> </ul>	Alta
4. Selección de las Fuentes, los sectores y su alcance	Alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>La CICC evalúa la existencia de fuentes de emisión para el cantón basándose en su propio conocimiento de la zona, por lo que el resultado es confiable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe estudiar con detenimiento lo expresado en la guía de implementación del PPCNC 2.0 y el manual realizado, para comprobar la permanencia de fuentes de emisión en el cantón en años futuros.</li> </ul>	Alta
5. Selección del año base	Alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se utiliza como año base el primer periodo de evaluación implementado con el PPCN 2.0, el año 2021.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe recordar que el año base debe ser un año típico, para ser punto de referencia del inventario hacia los próximos años.</li> <li>Para la selección de año base se debe considerar la disponibilidad de datos de parte de los actores participantes.</li> </ul>	Alta
6. Definir el año del reporte	Alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se seleccionó el año 2021, considerando que este es un año típico para el cantón.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe revisar constantemente actualizaciones al PPCN y comunicados oficiales en caso de cambios en los periodos de evaluación.</li> </ul>	Alta

Cuadro 12.1. Aplicabilidad de la metodología PPCNC 2.0.

Paso de la metodología PPCNC 2.0	Facilidad de Implementación	Fortalezas	Puntos de mejora y recomendaciones	Aplicabilidad de la metodología
<p>7. Diseño de la metodología para la recopilación de la información</p>	<p>Media</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como producto de la experiencia, el cantón recibe un formato de cartas las cuales se pueden utilizar en futuras implementaciones para la solicitud de datos.</li> <li>• Como producto de la experiencia, el cantón genera encuestas, ya validadas y revisadas por el equipo municipal y consultores, las cuales se pueden utilizar en futuras implementaciones para la recopilación de datos.</li> <li>• Como producto de la experiencia, el cantón recibe nuevos contactos que le permitirán la obtención de datos más confiables y precisos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe planificarse el proceso de redacción, formato y distribución de cartas, con información clara de los datos a recopilar.</li> <li>• Se reafirma la utilidad de utilizar plataformas como Google Forms para la creación y rastreo de encuestas.</li> <li>• Se requiere de una coordinación de recursos de apoyo para la aplicación de encuestas, como practicantes u otro personal que realice la aplicación y seguimiento de estas.</li> </ul>	<p>Alta</p>
<p>8. Recopilación de la información de las emisiones por sector y fuentes</p>	<p>Media</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión rápida y eficiente de la Municipalidad para procesar, enviar y recopilar información.</li> <li>• Existencia de plataformas digitales en las cuales promocionar y registrar las encuestas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe contar con más apoyo de personal destacado para el seguimiento de las solicitudes de información.</li> <li>• Se recomienda para futuras implementaciones, comenzar la aplicación de encuestas y solicitud datos en los primeros días del programa.</li> <li>• Se recomienda el uso de plataformas como Facebook y WhatsApp para distribución de encuestas de hogares y AFOLU.</li> <li>• Así también, apoyo para divulgación en redes sociales y directamente a los grupos de interés por medio de cámaras y gremios, con el fin de aumentar la respuesta.</li> <li>• Se necesita actualizar listas de contactos en todos los sectores del cantón.</li> </ul>	<p>Media</p>

Cuadro 12.1. Aplicabilidad de la metodología PPCNC 2.0.

Paso de la metodología PPCNC 2.0	Facilidad de Implementación	Fortalezas	Puntos de mejora y recomendaciones	Aplicabilidad de la metodología
9. Cálculo de las emisiones cantonales	Poca	<ul style="list-style-type: none"> <li>Personal capacitado para utilizar herramientas de cálculo, que conocen las metodologías de cuantificación y los datos necesarios.</li> <li>Como resultado de la experiencia, el personal de municipal y otros actores de importancia se capacitaron sobre el tema y requisitos del PPCN.</li> <li>Como resultado de la experiencia, se genera un manual con instrucciones para el procesamiento de encuestas y cambio de uso de suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cálculos de emisiones y remociones por cambio de uso de suelo requieren de gran cantidad de tiempo y atención, además de conocimientos en herramientas para el procesamiento de datos.</li> <li>Se requiere de gran cantidad de tiempo y atención al detalle para realizar de forma completa los cálculos demandados por el inventario, y completar la herramienta de forma adecuada.</li> <li>Se necesita conocimiento sobre metodologías del IPCC en distintos sectores para completar información necesaria para realizar los cálculos del inventario.</li> </ul>	Media
10. Evaluación de la calidad de los datos	Alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>El ejercicio de evaluación de los datos se basa en características descritas por la metodología del PPCN 2.0.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda repasar la guía de implementación para el PPCNC 2.0 y el manual facilitado antes de replicar el ejercicio.</li> </ul>	Alta
11. Establecimiento de las acciones de mitigación de emisiones	Alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existencia de proyectos previos ya en ejecución que contribuyen a la mitigación de emisiones y que se alinean muy adecuadamente a los resultados obtenidos por el ejercicio de inventario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Involucrar al sector transporte como MOPT o CONAVI para lograr posibles acciones de mitigación más realistas y acordes a planes existentes.</li> <li>Se requiere de apoyo técnico y financiero para la estimación de factibilidad de los proyectos y definición de su hoja de ruta.</li> <li>Se requiere apoyo para obtener evidencias sobre la planificación, implementación y seguimiento de las acciones de reducción en el cantón.</li> </ul>	Alta

Cuadro 12.1. Aplicabilidad de la metodología PPCNC 2.0.

Paso de la metodología PPCNC 2.0	Facilidad de Implementación	Fortalezas	Puntos de mejora y recomendaciones	Aplicabilidad de la metodología
12. Implementación de las acciones de mitigación	Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>La municipalidad ya se encuentra en el proceso de implementación de acciones en el sector residuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe trabajar en mejorar el proceso de documentación, que evidencia el impacto de acciones de mitigación ya ejecutadas.</li> <li>Se debe mejorar la recopilación de resultados con datos medibles que permitan estimar las emisiones reducidas.</li> <li>Se debe garantizar recursos necesarios para monitorear el seguimiento e implementación de estas acciones y la medición de su impacto.</li> </ul>	Alta

Fuente: elaboración propia

Anexo B. Fuentes de emisiones de GEI cuantificadas en el inventario

Cuadro 12.2. Fuentes de emisiones de GEI cuantificadas en el inventario

SECTOR <sup>9</sup>	SUBSECTOR	FUENTES	Actor que suministra la información	Información a suministrar	Cálculo <sup>10</sup>	Descripción del cálculo <sup>11</sup>	Medio de verificación <sup>12</sup>	
1. Energía estacionaria	Las emisiones provenientes de la producción y el uso de energía estacionaria	1.1. Edificios residenciales	Consumo de combustibles fósiles (Alcance 1)	RECOPE, y encuesta a hogares	Consumos reales por tipo de combustible y actividad	Consumo en litros por cada tipo de combustible * fe	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Datos RECOPE</a> , <a href="#">Datos de Energía Eléctrica</a> . Y <a href="#">Encuesta a Hogares</a> .
			Consumo de energía eléctrica (Alcance 2)	CNFL	Consumos reales por tarifa	Consumo en kWh * fe		
		1.2. Edificios e instalaciones comerciales	Consumo de combustibles fósiles (Alcance 1)	RECOPE, y encuesta a comercios	Consumos reales por tipo de combustible y actividad	Consumo en litros por cada tipo de combustible * fe		Ver <a href="#">Datos RECOPE</a> , <a href="#">Datos de Energía Eléctrica</a> . <a href="#">Encuesta a comercios e instituciones</a> .
			Consumo de energía eléctrica (Alcance 2)	CNFL	Consumos reales por tarifa	Consumo en kWh * fe		
		1.3. Edificios e instalaciones institucionales	Consumo de combustibles fósiles (Alcance 1)	Se incluye dentro de datos comerciales	Consumos reales por tipo de combustible y actividad	consumo en litros por cada tipo de combustible * fe		Ver <a href="#">Datos RECOPE</a> , <a href="#">Datos de Energía Eléctrica</a> . <a href="#">Encuesta a comercios e instituciones</a> .
			Consumo de energía eléctrica (Alcance 2)	CNFL	Consumos reales por tarifa	Consumo en kWh * fe		
		1.4. Construcción e industrias de manufactura	Consumo de combustibles fósiles (Alcance 1)	RECOPE y encuesta	Consumos reales por tipo de combustible y actividad	consumo en litros por cada tipo de combustible * fe		Ver <a href="#">Datos RECOPE</a> , <a href="#">Datos de Energía Eléctrica</a> . Y <a href="#">Encuesta a Industrias</a> .
			Consumo de energía eléctrica (Alcance 2)	CNFL	Consumos reales por tarifa	Consumo en kWh * fe		

<sup>9</sup> En concordancia con los pasos que establece la metodología de implementación del Programa País

<sup>10</sup> Fórmula del cálculo, datos y resultados, p.e. Cantidad de combustible x Factor de emisión = Subtotal GEI; 150 x 0.4 = 60

<sup>11</sup> Si se requiere para fórmulas complejas.

<sup>12</sup> Formatos para recolección de datos, hojas de cálculo. Adjuntar los documentos respectivos en la sección de Anexos

Cuadro 12.2. Fuentes de emisiones de GEI cuantificadas en el inventario

SECTOR <sup>9</sup>	SUBSECTOR	FUENTES	Actor que suministra la información	Información a suministrar	Cálculo <sup>10</sup>	Descripción del cálculo <sup>11</sup>	Medio de verificación <sup>12</sup>	
	1.5. Industrias energéticas	Consumo de combustibles fósiles (Alcance 1)	CNFL	Emisiones por actividades de proyecto hidroeléctrico Brasil y proyecto eólico	Consumo en litros * fe	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Datos de Industria energética</a>	
		Consumo de energía eléctrica (Alcance 2)	CNFL					
	1.6. Actividades agrícolas, de silvicultura y pesca	Consumo de combustibles fósiles (Alcance 1)	RECOPE, y encuesta a productores	Consumos reales por tipo de combustible y actividad	consumo en litros por cada tipo de combustible * fe	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Datos RECOPE</a> , <a href="#">Datos de Energía Eléctrica</a> Y <a href="#">Encuesta AFOLU</a> .	
		Consumo de energía eléctrica (Alcance 2)	Encuestas al sector agropecuario	Consumos reales por tarifa	Consumo en kWh * fe			
	1.7. Fuentes no especificadas	No se presenta en el cantón						
	1.8. Uso de combustibles biomásicos	Consumo de combustibles biomásicos (Alcance 1)	Encuestas a comercios, hogares, fincas e industrias. Valor calórico tomado del IPCC 2019, V2, CH1, introducción, cuadro 1.2, mientras que los factores de emisión se toman del IPCC 2019, V2, CH2, Combustión Estacionaria, Cuadro 2.5.	Cantidad de leña consumida (kg).	Masa*valor calórico* fe	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Encuestas a distintos sectores e IPCC 2019</a> Y <a href="#">IPCC 2006</a>	

Cuadro 12.2. Fuentes de emisiones de GEI cuantificadas en el inventario

SECTOR <sup>9</sup>	SUBSECTOR		FUENTES	Actor que suministra la información	Información a suministrar	Cálculo <sup>10</sup>	Descripción del cálculo <sup>11</sup>	Medio de verificación <sup>12</sup>
	Emisiones fugitivas provenientes de combustibles	1.8. Emisiones fugitivas por transmisión de energía eléctrica	Pérdidas por energía en red	CNFL	Cantidad de energía eléctrica disipada en transmisión	Pérdida de energía en kWh*fe	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Datos de Energía Eléctrica</a> .
2. Transporte	2.1. Transporte por carretera		Consumo de combustibles fósiles (Alcance 1)	RECOPE, Municipalidad	Expendio de combustibles a estaciones de servicio y ventas totales de combustible en el año según tipo. Cantidad de combustible consumido por transporte de residuos y porcentaje de carga dentro y fuera del cantón.	Cantidad de venta de combustible por tipo *fe	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Datos RECOPE</a> y <a href="#">Encuestas a distintos sectores</a>
			Consumo de electricidad en vehículos (Alcance 2)	Encuestas a comercios, hogares, fincas e industrias.	Cantidad de energía eléctrica consumida en vehículos	No se logra desagregar el consumo eléctrico de estos vehículos de los totales presentados por CNFL para el cantón, por lo que su consumo se encuentra contenido dentro de los datos eléctricos generales reportados para el cantón		
			Consumo de combustibles fósiles (Alcance 3)	Encargado Municipal para transporte de residuos sólidos	Cantidad de combustible consumido por transporte de residuos	Consumo en litros *fe		

Cuadro 12.2. Fuentes de emisiones de GEI cuantificadas en el inventario

SECTOR <sup>9</sup>	SUBSECTOR	FUENTES	Actor que suministra la información	Información a suministrar	Cálculo <sup>10</sup>	Descripción del cálculo <sup>11</sup>	Medio de verificación <sup>12</sup>
			Llevados a relleno sanitario y viajes intercantonales, encuestas al sector residencial	y porcentaje de carga dentro y fuera del cantón. Cantidad de combustible consumido en viajes intercantonales			
	2.2. Transporte ferroviario	No se presenta en el cantón (evidencias en página de <a href="#">INCOFER</a> )					
	2.3. Transporte marítimo	No se presenta en el cantón (evidencias en <a href="#">Decreto de ríos navegables</a> )					
	2.4. Aviación	No se presenta en el cantón (evidencias en página de <a href="#">Aviación Civil</a> )					
	2.5. Fuera de carretera	Consumo de combustibles fósiles (Alcance 1)	Encuestas al sector comercial, residencial, industrial y agrícola	Cantidad de vehículos fuera de carretera y consumos de combustible	Datos de consumo reales * fe	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Encuestas a distintos sectores</a>
3. Residuos	3.1. Disposición de residuos sólidos generados en la ciudad	Tratamiento de los residuos (Alcance 1)	No se presenta en el cantón ( <a href="#">evidencias en documento "Gestión de residuos sólidos en Costa Rica"</a> )				
		Tratamiento de los residuos (Alcance 3)	Municipalidad	Cantidad de residuos sólidos recolectados que se llevan al relleno	Datos reales de cantidad de residuos recolectados * fe	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver Datos sobre <a href="#">Residuos enviados a relleno</a>
	3.2. Residuos sólidos generados en la ciudad que son tratados biológicamente	Tratamiento de los residuos (Alcance 1)	Encuestas a comercios, industrias, hogares y fincas	Cantidad de residuos tratados por compostaje, entierro o quema.	Datos reales de cantidad de residuos * fe*factores de conversión establecidos por el IPCC 2019		Ver <a href="#">Encuestas a distintos sectores</a> e <a href="#">IPCC 2019</a> Y <a href="#">IPCC 2006</a>
		Tratamiento de los residuos (Alcance 3)	No se presenta en el cantón				



Cuadro 12.2. Fuentes de emisiones de GEI cuantificadas en el inventario

SECTOR <sup>9</sup>	SUBSECTOR	FUENTES	Actor que suministra la información	Información a suministrar	Cálculo <sup>10</sup>	Descripción del cálculo <sup>11</sup>	Medio de verificación <sup>12</sup>
	3.3. Residuos sólidos generados en la ciudad que se incineran o se queman a cielo abierto	Incineración y quema a cielo abierto de residuos (Alcance 1)	Encuestas al sector residencial	Cantidad de residuos incinerados en el cantón	Datos reales de cantidad de residuos * fe*factores de conversión establecidos por el IPCC 2019	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Encuestas a distintos sectores</a> e <a href="#">IPCC 2019</a> Y <a href="#">IPCC 2006</a>
		Incineración y quema a cielo abierto de residuos (Alcance 3)	No se presenta en el cantón				
	3.4. Aguas residuales generadas en la ciudad	Tratamiento de aguas domésticas (Alcance 1)	Municipalidad, Ministerio de Salud y encuestas al sector residencial	Cantidad de personas en el cantón según tipo de tratamiento (tanque séptico, alcantarillado, PTAR) o Cantidad de DQO tratado y vertido por manejo de aguas ordinarias	Cantidad de habitantes * fe según tipo de tratamiento o DQO * fe según tipo de tratamiento y/o vertido	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Encuesta a Hogares</a> , y <a href="#">Datos de MINSA</a>
		Tratamiento de aguas especiales (Alcance 1)	Ministerio de Salud	Cantidad de aguas especiales por planta de tratamiento y carga química de los mismos. IPCC brinda datos sobre eficiencia de tratamiento	Cantidad de residuos tratados (DQO) * fe según tipo de tratamiento	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Datos de MINSA</a> e <a href="#">IPCC 2019</a> Y <a href="#">IPCC 2006</a>
		Tratamiento de aguas domésticas y especiales (Alcance 3)	No se presenta en el cantón				
	4. Procesos industriales y uso de productos	4.1. Procesos industriales	Producción y uso de químicos en procesos industriales (Alcance 1)	No se presenta en el cantón			

Cuadro 12.2. Fuentes de emisiones de GEI cuantificadas en el inventario

SECTOR <sup>9</sup>	SUBSECTOR	FUENTES	Actor que suministra la información	Información a suministrar	Cálculo <sup>10</sup>	Descripción del cálculo <sup>11</sup>	Medio de verificación <sup>12</sup>
	4.2. Uso de productos	Emisiones derivadas del uso de productos (Alcance 1)	La información se genera a través de encuestas	Cantidad de refrigerantes utilizados	Cantidad de refrigerantes * fe	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Encuestas a distintos sectores</a>
5. Agricultura, Silvicultura y Usos de suelo	5.1. Ganadería	Fermentación entérica y tratamiento de estiércol (Alcance 1)	Encuestas al sector ganadero y SENASA/MAG	Cantidad de cabezas de ganado según especie, uso y edad	Cantidad de cabezas * fe según animal	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Datos SENASA, MAG y Encuesta AFOLU.</a>
	5.2. Cambios de uso de la tierra	Cambios de uso de la tierra	SNIT/SINAC	Áreas, porcentaje de cobertura y antigüedad de las tierras en el cantón	Variación en áreas de cobertura por tipo de suelo (ha) * fe Variación en cobertura forestal * fe por tipo de bosque	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Tratamiento final de datos para el cálculo de cambio de uso del suelo</a>
	5.3. Fuentes agregadas y emisiones procedentes de uso del suelo distinta al CO2	Aplicación de Cal	Encuestas al sector agrícola y ganadero, datos de InfoAgro	Cantidad de cal utilizada por el sector agrícola	kg Cal * fe	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Encuesta AFOLU, IPCC 2019 Y IPCC 2006</a>
		Aplicación de Urea	Encuestas al sector agrícola y ganadero, datos de InfoAgro	Cantidad de urea utilizada por el sector agrícola	kg de fertilizante de Urea * fe del IPCC		
		N2O indirecto de suelos gestionados	Encuestas al sector agrícola y ganadero	Cantidad de fertilizante utilizada por el sector agrícola	kg de fertilizante * fe del IPCC * área de cobertura por cultivo	Inventario de GEI Santa Ana 2021	Ver <a href="#">Encuesta AFOLU, IPCC 2019 Y IPCC 2006</a>

# BIOMATEC



[www.biomatec.net](http://www.biomatec.net)



[biomatec](https://www.linkedin.com/company/biomatec)



[info@biomatec.net](mailto:info@biomatec.net)



[@biomatec](https://www.facebook.com/biomatec)