



# TRANSFORMA

RESIDUOS EN RECURSOS



“ELABORACIÓN DE PERFILES DE PROYECTO Y/O ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD EN MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE GEI EN RESIDUOS SÓLIDOS PROPUESTAS DE LAS MUNICIPALIDADES DEL PPCNC”.

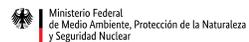
## MUNICIPALIDAD DE SAN CARLOS



Un proyecto de:



Por encargo de:

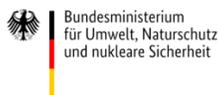


de la República Federal de Alemania

En cooperación con:



**Socios ejecutantes:**



**Publicado por:**

Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Oficinas registradas  
Bonn y Eschborn

**Contacto:**

Programa Acción Clima II  
Barrio Dent, San José, Costa Rica  
T + 506 2528-5420  
I [www.giz.de](http://www.giz.de)

**Autor/es:**

José Emil De la Rocha  
Nathaly Fuentes Jiménez  
Gustavo André Jiménez Elizondo

**Supervisado por:**

Alexia Quirós , GIZ  
Daniela García , GIZ

**Fotos:**

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

**Por encargo del**

Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,  
Obras Públicas y Seguridad Nuclear y el  
Departamento de Negocio, Energía & Estrategia Industrial del Reino Unido

San José, 2020

## Contenido

1.	Resumen .....	1
2.	Introducción .....	2
3.	Antecedentes   Justificación.....	2
4.	Objetivos .....	4
<b>4.1</b>	<b>Objetivo General:</b> .....	4
<b>4.2</b>	<b>Objetivo Específico:</b> .....	4
5.	Generalidades del proyecto .....	5
<b>5.1</b>	<b>Descripción del proyecto</b> .....	5
<b>5.2</b>	<b>Resultados e impactos esperados</b> .....	6
<b>5.3</b>	<b>Localización</b> .....	7
<b>5.4</b>	<b>Partes interesadas</b> .....	7
5.4.1	Dueño del proyecto .....	8
5.4.2	Beneficiarios.....	8
5.4.3	Socios .....	8
5.4.4	Posibles patrocinadores .....	8
<b>5.5</b>	<b>Plazo</b> .....	8
<b>5.6</b>	<b>Especificaciones técnicas</b> .....	9
5.6.1	Inversiones y costos asociados.....	9
5.6.2	Descripción de la tecnología .....	10
<b>5.7</b>	<b>Prioridad institucional</b> .....	10
6.	Financiamiento .....	10
7.	Riesgos .....	12
<b>7.1</b>	<b>Impactos potenciales en alcance, costo o tiempo</b> .....	12
8.	Estudio de Mercado y Estudio Técnico .....	13
9.	Aspectos legales y políticos.....	13
<b>9.1</b>	<b>Permisos y trámites para el funcionamiento</b> .....	13
<b>9.2</b>	<b>Restricciones, normas, o leyes que amparan el proyecto o lo detienen (entorno     habilitante)</b> .....	14
<b>9.3</b>	<b>Aspecto de seguimiento normativos</b> .....	15
<b>9.4</b>	<b>Entorno político habilitante</b> .....	16
10.	Conclusiones y Recomendaciones .....	16
11.	Bibliografía.....	18
12.	Anexos.....	19

<b>12.1</b>	<b>Resumen del proyecto de la Municipalidad de San Carlos .....</b>	<b>19</b>
<b>12.2</b>	<b>Fórmula de cálculo para las emisiones de GEI evitadas.....</b>	<b>21</b>

## 1. Resumen

Como parte de la dinamización del sector residuos, se busca fomentar y potenciar proyectos a nivel municipal, enfocados específicamente en la gestión integral de residuos sólidos. Para lograrlo, es importante contar con perfiles y estudios de factibilidad que faciliten el acceso y uso eficiente de los recursos municipales.

Como resultado del trabajo de “Asistencia técnica a funcionarios de municipalidades en la elaboración de sus inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y planes de acción”, la Municipalidad de San Carlos propuso el proyecto “**Economía circular de residuos orgánicos en San Carlos: desde los microorganismos hacia las plantas**”, para formar parte de su plan de acción de mitigación de emisiones en el sector residuos.

El presente estudio se evaluó en dólares americanos, por solicitud de los encargados del departamento ambiental de la municipalidad de San Carlos. Además, se planteó una línea base donde su inversión inicial se definió a partir de la compra de equipos para la planta de compostaje, vivero y huertas comunales; los ingresos se estiman considerando las ventas de compost y árboles, así como por el costo al disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>e y por disminución de entrega de producto en el relleno sanitario. Mientras que los egresos se calcularon mediante los costos asociados a capacitación, mano de obra en operativos, mantenimiento, combustible de camión, costo de profesional a cargo y asistencia de chofer.

Adicionalmente se definieron 2 escenarios alternos cuyas diferencias con la línea base fueron:

**Línea Base (LB):** Se proyecta un aumento del 4% anual en los ingresos durante los 5 años plazo de vida del proyecto.

**Escenario 1 (E1):** Se evalúa a 10 años plazo, con un aumento de los ingresos del 4% anual a lo largo de todo el proyecto.

**Escenario 2 (E2):** Se evalúa a 5 años plazo, con un aumento de los ingresos del 4% durante el primer año y de 10% a partir del segundo año.

Con la implementación de este proyecto se espera impactar a cerca de **8000 personas**, a través de la reducción de **142 ton** anuales por la recuperación de residuos orgánicos que se dejan de llevar al relleno sanitario, obteniéndose una disminución de **148,59 t CO<sub>2</sub>e** anuales (tomando en cuenta la diferencia de emisiones entre el tratamiento en relleno sanitario y el composteo).

Desde la perspectiva financiera se determinó que **Ninguno** de los escenarios evaluados **presenta rentabilidad**, lo anterior debido a la alta inversión que se requiere, generando ingresos muy bajos con altos costos o egresos, partiendo de esta información el escenario que presenta mejor desempeño de acuerdo con la línea base es el E2. Sin embargo, es importante de igual manera considerar el proyecto por sus impactos

sociales, ambientales y económicos. Por otro lado, no se descarta que en subsecuentes fases o etapas el proyecto pueda mejorar su desempeño financiero.

## 2. Introducción

En el PMGIRS del Cantón, realizado de manera participativa y conforme a la Ley No. 8839, se establece la siguiente visión en cuanto a la GIRS: “San Carlos un Cantón solidario y amigable con el ambiente, reconocido por el liderazgo y compromiso de las y los sancarleños en la gestión integral y eficiente de los residuos sólidos”. Entre las metas prioritarias del PMGIRS se plantea la recolección separada de los residuos sólidos en sus diferentes categorías, por lo anterior, la municipalidad ha dado un énfasis importante en sus proyectos e inversiones a los materiales valorizables que entran dentro del proceso de reciclaje.

Adicional, se ha determinado la necesidad de recuperar los residuos orgánicos de la línea de recolección que se dirige al sitio de disposición final, pues como se mencionó, representan aproximadamente la mitad de lo que ingresa al relleno sanitario diariamente. Gracias a la construcción de la Planta de Compostaje, la municipalidad también propone una solución para el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos, apoyando el mejoramiento de las instalaciones del relleno sanitario, y el aumento de su vida útil de acuerdo con las normativas sanitarias vigentes y lo establecido en el PMGIRS. Por tanto, la propuesta es apoyada por el Reglamento para la GIRS de San Carlos, oficializado en julio del 2019, el cual establece que la Municipalidad de San Carlos debe ofrecer y gestionar el tratamiento de los residuos orgánicos y el compostaje y apoyar la comercialización que de los insumos para fortalecer la búsqueda de sostenibilidad de dichas iniciativas

## 3. Antecedentes | Justificación

Uno de los sectores clave utilizados para definir las medidas de mitigación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) es **Residuos Sólidos**. Esto se debe al aporte de metano derivado de la descomposición anaerobia de los residuos en los rellenos sanitarios (ENCC, 2009).

El Plan Nacional de Descarbonización (Gobierno de Costa Rica, 2018) y el Programa País de Carbono Neutralidad 2.0 (MINAE, 2018), también priorizan la **gestión de residuos** e identifican a las municipalidades como actores clave para aplicar medidas. Además, la Ley 8839 en el Artículo 8 establece las funciones de las municipalidades en la gestión de residuos.

Según los estudios de generación y caracterización de residuos sólidos que la Municipalidad de San Carlos ha realizado en sus distritos, la mitad aproximadamente de todos los residuos sólidos que se envían al relleno sanitario de San Luis de Florencia, son residuos orgánicos sin ningún tipo de tratamiento.

Para el control de la problemática de contaminación generada por dichos residuos, la municipalidad como parte de la implementación de su PMGIRS, en el 2016 inicia la producción artesanal de microorganismos eficientes y hongos en el relleno sanitario. Lo anterior ha tenido excelentes resultados en el proceso de degradación de los residuos depositados en las fosas y el control de plagas y vectores. Sin embargo, a pesar de la eficiencia y los resultados obtenidos con la aplicación de los controladores biológicos, se reconoce la necesidad de que los residuos orgánicos no queden en las fosas del relleno, sino que entren en su ciclo natural de transformación en materia orgánica que pueda ser aprovechada y reintegrada a los ecosistemas y sistemas agrícolas humanos.

En el Plan de Acción del Inventario de Gases de Efecto Invernadero de San Carlos, elaborado en el marco del Programa País Carbono Neutral Categoría Cantonal, se plantea dentro de las metas, un escenario dónde el 1 % de los residuos orgánicos del Cantón sean composteados (114 ton/año). Por lo tanto, la municipalidad plantea iniciar el compostaje piloto de residuos orgánicos con el material generado en sus instalaciones y las de algunos socios estratégicos, proponiendo la vinculación de la iniciativa a otras instituciones, organizaciones, y demás sectores generadores de residuos orgánicos con énfasis en la población sancarleña.

La transformación de los residuos orgánicos municipales en abono es una estrategia valiosa a nivel cantonal que fortalecerá los procesos de sostenibilidad y adaptación al cambio climático del Cantón. En un territorio mayormente rural, donde el 42% de las emisiones de GEI son producto de la ganadería, la agricultura y el cambio en el uso del suelo, se deben fortalecer las iniciativas de reforestación y recuperación de áreas de protección y las buenas prácticas ambientales en las actividades agropecuarias. En San Carlos es cada vez más sentida la necesidad de la producción de plántulas para los procesos de reforestación, y de sustratos de buena calidad y con un flujo constante en los viveros cantonales para suplir la demanda existente. Por otro lado, el cantón tiene la ventaja de la disposición de terreno y existe la oportunidad de generar huertas comunales y apoyar el enriquecimiento de los suelos, la protección de los ecosistemas y la siembra de alimento a diferentes escalas.

### **Situación actual de los residuos en el cantón**

Durante el 2018 las emisiones de GEI para el sector residuos en el Cantón de San Carlos se estimó en **48 488** toneladas de CO<sub>2</sub>e, representando el **6,87%** del total emitido por todos los sectores (**575 890** toneladas de CO<sub>2</sub>e). Tal y como se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 1. Resumen de emisiones de GEI por sector durante el 2018 en el Cantón de San Carlos**

Sector	Alcance 1 (ton CO <sub>2</sub> e)	Alcance 2 (ton CO <sub>2</sub> e)	Alcance 3 (ton CO <sub>2</sub> e)	Emisiones totales (ton CO <sub>2</sub> e)	Porcentaje
Sector Energía Estacionaria	64 506	14 656	870	80 032	11,34%
Sector Transporte	260 987	0	15 023	276 010	39,12%
Sector Residuos	48 488	No Aplica	0	48 488	6,87%
Sector Procesos Industriales y Uso de Productos	1 724	No Aplica	No Aplica	1 724	0,24%
Sector Agricultura Silvicultura y Otros Usos de la Tierra	299 285	No Aplica	No Aplica	299 285	42,42%
Subtotal				<b>705 539</b>	100,00 %
Remociones (tonCO <sub>2</sub> e)				129 649	
Total de Emisiones de GEI (tonCO <sub>2</sub> e)				<b>575 890</b>	

Fuente: GIZ, 2020

A partir de esta información la municipalidad estableció las prioridades para el Cantón y propuso el proyecto “**Economía circular de residuos orgánicos en San Carlos: desde los microorganismos hacia las plantas**” como parte de su plan de acción de mitigación de emisiones en el sector residuos.

## 4. Objetivos

### 4.1 Objetivo General:

Fortalecer la coordinación institucional incrementando las tasas de recolección clasificada de residuos en el cantón, durante los próximos 5 años de vida útil del proyecto.

### 4.2 Objetivo Específico:

Impulsar el tratamiento de los residuos orgánicos generados por la Municipalidad y el Hospital de San Carlos, mediante una ruta de recolección piloto a través de la construcción de una planta de compostaje, donde se genere abono y plántulas para la venta, propiciando el apoyo a los procesos participativos de reforestación y agricultura comunitaria cantonales.

## 5. Generalidades del proyecto

### 5.1 Descripción del proyecto

La Municipalidad de San Carlos implementará la primera ruta piloto de recolección municipal de residuos orgánicos, para lo anterior, se plantea el trabajo conjunto en la recolección de los residuos orgánicos del Palacio Municipal, la Oficina de Desarrollo Social y las Áreas Rectoras de Florencia y Quesada. Además, se incluirán en la ruta, los Cen Cinaí de Quesada y Florencia, para fortalecer la autonomía alimentaria de las familias y la nutrición de los niños a través del establecimiento de huertas comunitarias en ambos centros infantiles.

Para el tratamiento de los residuos se construirá una planta de compostaje en el relleno sanitario Municipal de San Luis de Florencia, donde se realizará la recepción, pesaje, los residuos recolectados en Ciudad Quesada y Florencia. Paralelamente, se iniciará un programa piloto de compostaje para aplicar el tratamiento casero de los residuos orgánicos en las diferentes entidades y organizaciones locales relacionadas con la municipalidad en órganos de coordinación interinstitucional.

La propuesta comprende el uso del abono generado a partir de los residuos orgánicos municipales recolectados en la producción de plantas y árboles nativos y de importancia socio ecológica en el cantón. Por lo tanto, la propuesta también incluye la construcción y acondicionamiento de un vivero municipal en el relleno donde se utilice el compost y se fomente el proceso de sensibilización de la comunidad y educación ambiental sobre la gestión integral de residuos. Además, se quiere retribuir la participación activa de los Cen Cinaí mediante el establecimiento de huertas comunitarias en sus instalaciones que fortalezcan la autonomía alimentaria de las familias usuarias del servicio.

La planta de compostaje es un paso importante y necesario para la Municipalidad de San Carlos pues representa la diversificación del quehacer municipal en GIRS, y fortalece los vínculos de coordinación interinstitucional en el Cantón en busca de objetivos comunes. La vinculación paulatina de la población desde la inmediatez de lo cotidiano como es el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos permitirá la sensibilización ambiental y los cambios de comportamiento tan necesarios para los procesos de mitigación y adaptación al cambio climático.

Desde el punto de vista económico y financiero, la planta de compostaje representa una inversión importante para el cumplimiento de las competencias ambientales y legales en GIRS de la municipalidad, sin embargo, la venta del abono y de las especies del vivero no tienen importancia relativa en relación con los ingresos. No obstante, el mismo va a significar un aporte para otras iniciativas municipales como las jornadas de reforestación, y el apoyo que se brinda a instituciones y organizaciones mediante la producción de insumos, que en otras circunstancias deben adquirirse o gestionarse externamente por parte del municipio. Además, al disminuir paulatinamente la entrada de los residuos orgánicos se aumenta la vida útil de las fosas del relleno sanitario y se evitan los costos relacionados al tratamiento de las toneladas recuperadas y transformadas en compost.

Ambientalmente, el proyecto busca disminuir las emisiones de GEI, la generación de lixiviados y la proliferación de vectores y plagas generados por los residuos orgánicos que se depositan en las fosas del relleno municipal al separarlos del sistema de recolección de residuos ordinarios y transformarlos en abono para plantas y árboles. La propuesta piloto es un ejemplo de economía circular en gestión integral de residuos pues convertirá los residuos orgánicos (que son los que generan mayores problemas de contaminación en el relleno municipal y los que más fácilmente pueden recibir un tratamiento adecuado en el Cantón) en un producto útil mediante el compostaje municipal y casero. Desde el punto del aporte social, la propuesta piloto incluye la participación activa de los Cen Cinaí y las Áreas Rectoras de Salud dándoles el acompañamiento correspondiente, por lo cual se fortalecerá la autonomía alimentaria de familias en condiciones vulnerables a través del desarrollo de las huertas comunitarias en los centros infantiles.

El proyecto se plantea hacer en diferentes etapas, para ir de manera escalonada adhiriendo más socios y actores claves en la propuesta. Posteriormente al desarrollo exitoso del proyecto piloto, se realizará en una segunda etapa se plantea vincular a más instituciones y organizaciones dentro del proyecto para ampliar su alcance y fortalecer la coordinación interinstitucional. En una fase más avanzada del proyecto, amparados en lo establecido dentro del PMGIRS y su reglamento, se realizará la convocatoria a los establecimientos comerciales y empresas para realizar la correcta separación y manejo del material orgánico que generan en sus actividades. A largo plazo, se propone involucrar a la población de barrios y comunidades, en busca de establecer una ruta domiciliar de recolección de residuos orgánicos con una tarifa diferenciada establecida y empezar a producir compost a mayor escala que pueda colocarse en un mercado más amplio, considerando las características agrícolas del cantón y la tendencia actual a disminuir el consumo de agroquímicos y el aumento en el uso de insumos naturales.

## 5.2 Resultados e impactos esperados

Se espera que, con la recuperación de **142** toneladas anuales de residuos orgánicos<sup>1</sup> durante un plazo de 5 años, se obtenga una disminución de **148,59** toneladas de CO<sub>2</sub>e al año<sup>2</sup> (tomando en cuenta la diferencia de emisiones entre el tratamiento en relleno sanitario y el composteo), significando un beneficio de **\$743** anuales, considerando un precio por tonelada emitida de **\$7,5** (Precio de FONAFIFO, 2020)<sup>3</sup>. Además, se espera un ahorro de **\$836** anuales por disminución de entrega de residuos en relleno sanitario, considerando que el costo por tonelada es de **\$9**.

Se proyecta que se generen otros beneficios indirectos, como la disminución en la generación de lixiviados y la proliferación de vectores y plagas generados por los residuos orgánicos que se depositan en las fosas del relleno municipal al separarlos del sistema

---

<sup>1</sup> Calculado a partir de la cantidad de composteras, la tasa de generación per cápita y la caracterización de residuos sólidos en el cantón.

<sup>2</sup> Ver fórmula de cálculo en anexos.

<sup>3</sup> Considerando el pago por la compensación de emisiones de GEI.

de recolección de residuos ordinarios y transformarlos en abono para plantas y árboles. La propuesta piloto es un ejemplo de economía circular en gestión integral de residuos pues convertirá los residuos orgánicos (que son los que generan mayores problemas de contaminación en el relleno municipal y los que más fácilmente pueden recibir un tratamiento adecuado en el cantón) en un producto útil mediante el compostaje municipal y casero.

### 5.3 Localización

Es un proyecto piloto en los distritos de Quesada y Florencia de San Carlos. La planta de compostaje y la producción de especies vegetales se ubicará en el relleno sanitario de San Luis de Florencia donde se concentra el tratamiento de los residuos sólidos a nivel cantonal. Las huertas comunitarias se ubicarán en los Cen Cínai de Ciudad Quesada y Florencia.

A continuación, se muestra el mapa del cantón de San Carlos, con el fin de tener una mejor visualización del área de influencia del proyecto.

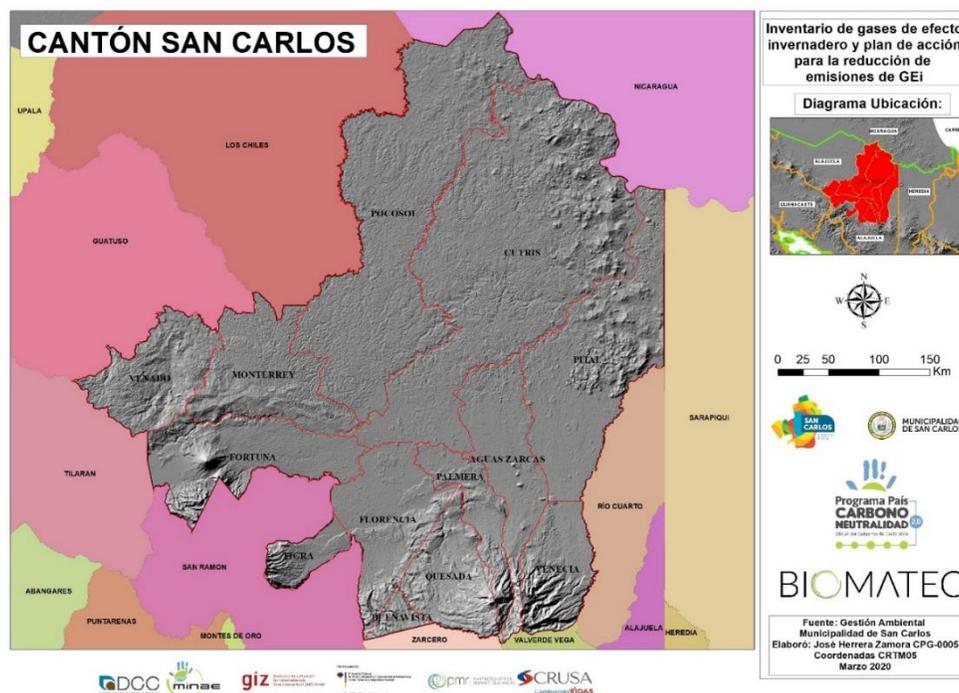


Figura 1. Distribución geográfica del Cantón de San Carlos. Fuente: GIZ, 2020

### 5.4 Partes interesadas

Se identificaron diferentes actores que influyen directamente en la realización del proyecto, dentro de estos se puede encontrar los funcionarios de la Municipalidad de San

Carlos, el Programa de Cen Cinai del Ministerio de Salud, la Comisión Interinstitucional del PMGIRS, la CCCI San Carlos y las Áreas Rectoras de Salud de Florencia y Quesada.

#### 5.4.1 Dueño del proyecto

Como dueño del proyecto se encuentra la Municipalidad de San Carlos.

#### 5.4.2 Beneficiarios

Este proyecto beneficiará a cerca de 8000 personas, usuarios del servicio de disposición final de residuos sólidos pues será una opción para el tratamiento de los residuos orgánicos que ingresan al relleno Sanitario de San Luis de Florencia, aumentando la vida útil de las fosas del relleno.

Se beneficiarán directamente las familias de los niños que asisten a los Cen Cinai de Quesada y Florencia, pues parte del compost producido se va a emplear en el establecimiento de dos pequeñas huertas comunitarias que puedan apoyar el fortalecimiento de la autonomía alimentaria y la nutrición de las familias de los niños y niñas en condiciones vulnerables que son usuarios del servicio.

#### 5.4.3 Socios

En una primera instancia, para lograr el desarrollo adecuado de este proyecto se contará con distintos aliados como el Programa de Cen Cinai del Ministerio de Salud y las Áreas Rectoras de Salud de Quesada y Florencia, el Hospital San Carlos, así como los funcionarios de la Municipalidad de San Carlos. Paralelamente se van a vincular las instituciones y organizaciones que están adscritas a la Comisión Interinstitucional del PMGIRS y en la CCCI de San Carlos.

#### 5.4.4 Posibles patrocinadores

La Municipalidad pretende realizar la primera etapa del proyecto con fondos municipales, por lo que para ese momento no contará con ningún patrocinador.

### **5.5 Plazo**

El plazo del proyecto será de cinco años, contando con igual número de años para los cálculos financieros de la línea base, entiéndase tiempo de ejecución del proyecto.

## 5.6 Especificaciones técnicas

### Revolcador de Compost

Es una estructura metálica con una longitud de 2,50 m con sistema de transmisión que utiliza la fuerza de un tractor agrícola con un sistema de levantamiento del brazo revolcador con pistón hidráulico. El equipo incluye los acoples de conexión de mangueras a los sistemas hidráulicos del tractor. La máquina tiene acabados con anticorrosivo y esmalte.

### Trituradores de residuos orgánicos

Maquinaria destinada a triturar cáscaras de frutas y huevos, sobras de comidas, periódicos, papeles, madera, virutas de árboles, césped, arbustos, hojas, flores secas, restos de vegetales y frutas. Equipado con cuchillos fijados directamente al eje del motor, tolva extraíble con cierre de seguridad, tiene en la lateral una boquilla de alimentación para ramas de hasta una pulgada de diámetro.

### Balanzas

Las balanzas son de piso, con una plataforma de acero inoxidable y base de aluminio pintada al horno con un indicador construido en plástico con pantalla de cristal líquido. Las balanzas cuentan con batería recargable incorporada, con una duración de 3 años aproximadamente dependiendo del uso, con capacidad de trabajar hasta 70 horas sin ser conectadas. Ambas básculas tienen patas adecuadas para su nivelación y estabilidad, protección contra sobrecarga de peso y fueron diseñadas para trabajos pesados y continuos.

#### 5.6.1 Inversiones y costos asociados<sup>4</sup>

Las cotizaciones de las inversiones requeridas se pueden clasificar de la siguiente forma:

**Equipos para planta de compostaje:** Infraestructura, revolcador, trituradoras, composteras, balanzas de piso, cosedoras de sacos, mangueras, estañones plásticos, carrito, pala, tanquetas, sacos de propileno.

**Vivero y huertas comunales:** Construcción de vivero, palines, carritos, guantes, camas de germinación, sistemas de riego.

---

<sup>4</sup> Las cotizaciones de las inversiones de equipo triturador, romanas y trituradora se adjuntan a este documento, para los equipos restantes se utilizó como base los costos de un proyecto similar presentado anteriormente por la municipalidad.

## 5.6.2 Descripción de la tecnología

Se realizará el recorrido de recolección semanal en un camión municipal destinado al transporte de los residuos orgánicos hacia el relleno sanitario. Después del ingreso del camión, un funcionario o funcionaria municipal recibirá las bolsas plásticas cerradas las pesará y se rotularán (lugar de procedencia, fecha, peso) para llevar un control y hacer un registro. Posteriormente se abrirán las bolsas y se realizará una inspección visual del contenido para cerciorarse que el material tiene las características correctas para compostar. En caso de ser necesario se trituran.

Los residuos se descargarán sobre la primera cama de compost y se medirán los parámetros físicos químicos de ingreso, luego se aplicarán microorganismos eficientes para apoyar el proceso de desintegración de los residuos. Las camas de compostaje se voltearán cada dos días para fomentar el proceso de oxigenación y acelerar la descomposición y la obtención de un material de calidad apto para el crecimiento de plantas.

La planta de compostaje tendrá cinco camas de material orgánico en diferentes niveles de degradación y con el espacio suficiente entre ellas para que circule el tractor agrícola con el revolcador de compost. Una parte del material que se encuentra en la fase final del tratamiento será empacado en sacos, pesado, etiquetado y almacenado. Otra parte del compost se utilizará para llenar las bolsas donde se van a preparar las plántulas del vivero municipal y se destinará una parte del material para la donación a personas y organizaciones colaboradoras y comprometidas con las iniciativas municipales.

## 5.7 Prioridad institucional

Este proyecto es de prioridad **Alta** pues se vincula con las metas del Plan Municipal para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (PMGIRS-SC) del cantón, las cuales cuentan con partidas presupuestarias establecidas dentro de los departamentos municipales con competencia en el tema. Además, se deriva del Plan de Acción del Inventario de Gases de Efecto Invernadero elaborado por la Municipalidad en el marco del Programa País Carbono Neutralidad.

## 6. Financiamiento

El presente estudio tal como se mencionó anteriormente se evaluó en dólares americanos, por solicitud de los encargados del departamento ambiental de la municipalidad de San Carlos. Además, se determinó una inversión inicial de \$52 752, con la compra de equipos para la planta de compostaje, vivero y huertas comunales, según se describe en el punto 5.6.1.

Los ingresos anuales de \$6 829 se calcularon mediante las estimaciones de ventas de compost por \$1 750 anuales, y de árboles por \$3 500 anuales, así como por el costo

evitado por las emisiones de CO<sub>2</sub>e de \$743 anuales (tomando en cuenta la diferencia de emisiones entre el tratamiento en relleno sanitario y el composteo) y un ingreso por disminución de entrega en relleno sanitario de \$836. Mientras tanto, los egresos de \$39 840 se calcularon mediante los costos asociados a capacitación, mano de obra en operativos, mantenimiento y combustible de camión, costo de profesional a cargo y asistencia de chofer.

Los incrementos en egresos como ingresos son resultado de la validación y criterio experto de las municipalidades, tomando como base sus registros históricos de los últimos cinco años.

La **diferencia entre escenarios** radica en que para la línea base y el escenario 1, se realizó un aumento de los ingresos de un 4% a lo largo de todos los años del proyecto, pero el primero se evaluó a 5 años plazo y el segundo a 10 años plazo.

Mientras tanto, para el escenario 2, evaluado a 5 años plazo, el incremento de los ingresos fue de un 4% durante el primer año y un 10% a partir del segundo año.

Con respecto a los incrementos en costos se considera un aumento del 1% interanualmente para todos los escenarios, dada la situación macroeconómica del país (Tejos, 2020)<sup>5</sup>.

Otro aspecto para considerar es que el retorno de la inversión y cálculo de los indicadores VAN/TIR, se fue descontado a una tasa de 9% tomando como referencia IFAM y consultas a la municipalidad, para dichos escenarios el cuadro 2 describe sus variantes según la sensibilización.

Luego de evaluar distintos escenarios alternos a la línea base, en donde se analizó el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), la Relación Beneficio/Costo (B/C) y el Periodo de recuperación de la inversión, se obtuvo una serie de resultados que se muestran a manera de resumen en el cuadro 2.

---

<sup>5</sup> Consulta a expertos de la Academia Centroamericana e INCAE

**Cuadro 2.** Análisis de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno

Descripción	Escenario Línea Base (LB)	Escenario 1 (E1)	Escenario 2 (E2)
Inversión (\$)	52 752	52 752	52 752
Ingresos Totales (\$)	6 829	6 829	6 829
Egresos o costos totales (\$)	39 840	39 840	39 840
Tasa de Descuento %	9%	9%	9%
Plazo (años)	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
Depreciación (años)	10	10	10
<b>Análisis</b>			
Incremento anual escalonado a partir del año 2	4%	4%	10%
Incrementos anuales por costos (egresos)	1%	1%	1%
Período de Recuperación (años)	-1,86	-1,80	-1,87
<b>VAN</b> Valor Actual Neto	<b>-162 932</b>	<b>-238 843</b>	<b>-162 163</b>
<b>TIR</b> Tasa Interna de Retorno	<b>Se indefine</b>	<b>Se indefine</b>	<b>Se indefine</b>
<b>Relación B/C</b>	<b>-∅0,95</b>	<b>-∅0,95</b>	<b>-∅0,95</b>

En el cuadro anterior se puede observar que para cada uno de los escenarios se obtuvieron resultados negativos del VAN, siendo **la línea base y el escenario 2 los que presentan menor VAN negativo** (ambos descontados a 5 años), esto permite comprender que este proyecto obtiene menores resultados cuando se proyecta a un largo plazo, como por ejemplo los 10 años proyectados en el segundo escenario.

De igual forma, la TIR para cada uno de los escenarios se indefine, debido a los resultados altamente negativos. En todos los casos el **proyecto no es financieramente viable**.

## 7. Riesgos

### 7.1 Impactos potenciales en alcance, costo o tiempo.

El principal riesgo es la falta de compromiso de los habitantes del Cantón en el proyecto, o ausencia de estímulos para la adecuada separación de los residuos, lo cual impacta la

cadena del procesamiento del proyecto. Otros riesgos de este proyecto que se han delimitado son:

a. **Alcance:** puede ser afectado por fallas en el almacenamiento de los residuos orgánicos y el establecimiento de la ruta piloto de recolección de los residuos orgánicos que puedan representar una variación en la estimación de los de los residuos que ingresen a la planta para su transformación en compost.

b. **Costo:** se debe considerar la posibilidad de que haya un aumento en el precio de la maquinaria, equipo, o combustibles, así como de los materiales por fluctuaciones en los mercados, lo anterior pensando en el escenario de inestabilidad económica a nivel mundial. Lo mismo se debe tener en consideración respecto a cambios repentinos o disminución de la asignación presupuestaria de la municipalidad en el marco de la pandemia del Covid-19.

c. **Tiempo:** Se debe considerar los atrasos que se puedan generar por la disminución del personal municipal ocasional que se encargará de la construcción y funcionamiento de la planta de compostaje, adicional los tiempos de traslados de los camiones recolectores.

## 8. Estudio de Mercado y Estudio Técnico

Para el nivel de avance del presente estudio, aún no es requerido un estudio técnico, ni mercado, en etapas subsiguientes se estará valorando estos estudios.

## 9. Aspectos legales y políticos

### 9.1 Permisos y trámites para el funcionamiento

La planta de compostaje va a tener un área menor a los 1000 m<sup>2</sup> para evitar la tramitología de ingreso a SETENA para obtener la viabilidad ambiental y evitar los costos y el tiempo asociados. Se tramitará como una obra de muy bajo impacto ambiental.

En cuanto a los lineamientos legales que debe acatar el proyecto se encuentra en primera instancia la Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 8839 del 13 de julio de 2010. Esta ley tiene como objeto regular la gestión integral de residuos y el uso eficiente de los recursos además establece en el Artículo 8 las funciones de las municipalidades con respecto a la gestión integral de los residuos generados en su Cantón, las cuales se enumeran a continuación:

a) Establecer y aplicar el plan municipal para la gestión integral de residuos en concordancia con la política y el Plan Nacional. b) Dictar los reglamentos en el Cantón para la clasificación, recolección selectiva y disposición final de residuos, los cuales deberán responder a los objetivos de esta Ley y su Reglamento. c) Promover la creación de una unidad de gestión ambiental, bajo cuya responsabilidad se encuentre el proceso de la gestión integral de residuos, con su respectivo presupuesto y personal. d)

Garantizar que en su territorio se provea del servicio de recolección de residuos en forma selectiva, accesible, periódica y eficiente para todos los habitantes, así como de centros de recuperación de materiales, con especial énfasis en los de pequeña y mediana escala para la posterior valorización. e) Proveer de los servicios de limpieza de caños, acequias, alcantarillas, vías, espacios públicos, ríos y playas cuando corresponda, así como del manejo sanitario de animales muertos en la vía pública, entre otros.

También al tratarse de un proyecto de un centro de acopio debe estar acorde a lo indicado en el Reglamento de Centros de Recuperación de Residuos Valorizables N° 35906-S.

Por otra parte, se encuentra un requisito institucional que es el Plan Municipal de Gestión de Residuos Sólidos, instrumento que toda municipalidad debe tener vigente solicitado por el Ministerio de Salud. En el caso del plan del Cantón central de San Carlos el mismo se encuentra vigente y se está trabajando en una actualización para finales del presente año, lo cual este proyecto vendría a sumar una de las metas de dicho plan. Otro requisito fundamental es tener al día el permiso de funcionamiento emitido por parte del Ministerio de Salud, que actualmente se encuentra vigente bajo el N de registro 1202-2019 hasta el mes de diciembre del año 2024

Otras legislaciones relacionadas con el tema y con el proyecto son:

- Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021
- Reglamento para la Gestión Integral de Residuos
- Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales
- Ley General de Salud
- Reglamento de manejo de residuos sólidos ordinarios.

## **9.2 Restricciones, normas, o leyes que amparan el proyecto o lo detienen (entorno habilitante)**

Como se mencionó en la sección de Justificación, la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), el Plan Nacional de Descarbonización (PND) y el Programa País de Carbono Neutralidad 2.0 (PPCN 2.0) señalan la importancia de la gestión de residuos para el cumplimiento de los objetivos ambientales del país y la responsabilidad de las municipalidades como actores clave para aplicar medidas.

Además, la Ley 8839 en el Artículo 8 establece las funciones de las municipalidades en la gestión de residuos:

- a) Establecer y aplicar el plan municipal para la gestión integral de residuos en concordancia con la política y el Plan Nacional.
- b) Dictar los reglamentos en el cantón para la clasificación, recolección selectiva y disposición final de residuos, los cuales deberán responder a los objetivos de esta Ley y su Reglamento.
- c) Promover la creación de una unidad de gestión ambiental, bajo cuya responsabilidad se encuentre el proceso de la gestión integral de residuos, con su respectivo presupuesto y personal.
- d) Garantizar que en su territorio se provea del servicio de recolección de residuos en forma selectiva, accesible, periódica y eficiente para todos los habitantes, así

como de centros de recuperación de materiales, con especial énfasis en los de pequeña y mediana escala para la posterior valorización.

- e) Proveer de los servicios de limpieza de caños, acequias, alcantarillas, vías, espacios públicos, ríos y playas cuando corresponda, así como del manejo sanitario de animales muertos en la vía pública.
- f) Prevenir y eliminar los vertederos en el cantón y el acopio no autorizado de residuos.
- g) Impulsar sistemas alternativos para la recolección selectiva de residuos valorizables como contenedores o receptores, entre otros.
- h) Fijar las tasas para los servicios de manejo de residuos que incluyan los costos para realizar una gestión integral de estos, de conformidad con el plan municipal para la gestión integral de residuos, esta Ley y su Reglamento, y en proporción con la cantidad y la calidad de los residuos generados, asegurando el fortalecimiento de la infraestructura necesaria para brindar dichos servicios y garantizando su autofinanciamiento.
- i) Coordinar el cumplimiento de esta Ley y su Reglamento, la política y el Plan Nacional y cualquier otro reglamento técnico sobre gestión integral de residuos dentro del municipio.
- j) Promover la capacitación y realizar campañas educativas de sensibilización de los habitantes del cantón respectivo para fomentar la cultura de recolección separada, de limpieza de los espacios públicos y de gestión integral de residuos.
- k) Establecer convenios con microempresas, cooperativas, organizaciones de mujeres y otras organizaciones y/o empresas locales, para que participen en el proceso de gestión de los residuos, especialmente en las comunidades que se ubican lejos de la cabecera del cantón.”

Por lo que la municipalidad está en potestad de realizar el presente proyecto para el manejo adecuado de los residuos del cantón.

### **9.3 Aspecto de seguimiento normativos**

Las municipalidades en Costa Rica han sido designadas por el Estado como entes responsables de la recolección, transporte y tratamiento de los residuos sólidos generados. Durante las últimas tres décadas el crecimiento en la generación y la variedad de tipos de residuos sólidos ha aumentado (Estado de la Nación, 06), provocando que algunos municipios no logren cumplir con la designación estatal.

Los recursos con los que cuentan las municipalidades son limitados y deben ser utilizados en forma eficiente para beneficio de la población; sin embargo, el modelo de una municipalidad encargada únicamente de recolectar, transportar y disponer los residuos sólidos no permite una verdadera solución a esta problemática, es por ello por lo que se ha determinado como un enfoque prioritario el trabajar con los residuos valorizables desde la Municipalidad de San Carlos.

Con la publicación de la Ley para la Gestión Integral de Residuos, la Municipalidad de San Carlos inicia los procesos para obtener un marco jurídico en aspectos de manejo de residuos sólidos e inclusive en aspectos socioeconómicos del ser costarricense.

La citada Ley define la Gestión Integral de Residuos es definida como el conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final, hacia esa meta es que busca su visión la Municipalidad de San Carlos.

#### 9.4 Entorno político habilitante

La municipalidad cuenta con el respaldo de la alcaldía y jefaturas responsables del tema para la ejecución de dicha etapa y posteriores pasos dependiendo de los resultados que se logren según avance de proyecto.

## 10. Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo con el análisis realizado, el presente perfil de proyecto recopila las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Desde la perspectiva financiera se determinó que **Ninguno** de los escenarios evaluados **presenta rentabilidad**, lo anterior debido a la alta inversión que se requiere, generando ingresos muy bajos con altos costos o egresos, partiendo de esta información el escenario que presenta mejor desempeño de acuerdo con la línea base es el E2. Sin embargo, es importante de igual manera considerar el proyecto por sus impactos sociales, ambientales y económicos. Por otro lado, no se descarta que en subsecuentes fases o etapas el proyecto pueda mejorar su desempeño financiero. Se recomienda realizar un análisis más profundo con planos constructivos, diseños de planta y equipo, para mejorar la estimación de costos e inversiones. Además, se recomienda realizar un estudio de mercado para realmente cuantificar la demanda de este servicio y/o alternativas a este proyecto que permitan viabilizar la gestión de residuos municipales de forma domiciliar o con alianzas con otras municipalidades.
- No se recomienda realizar el proyecto sin el apoyo de terceras partes como los socios y patrocinadores. Esto debido a que estos proyectos requieren en su vida de ejecución altos grados de adopción de la comunidad, sector público y privado para la sostenibilidad de estos, en el tiempo.
- Se sugiere buscar nuevos ingresos o mejorar los costos asociados a la operación para la mejora sustancial de panorama sostenible del proyecto en el mediano plazo. De igual manera se debe buscar mejorar el costo tarifario de la tonelada de relleno sanitario procesada dado que su bajo costo desincentiva cualquier proyecto de mejora. Como nota comparativa al ver otras municipalidades con costos de toneladas procesadas en relleno realmente onerosos, estos hacen

viable cualquier mejora dentro del proceso, incentivando medidas y proyectos que permiten la transformación en la gestión de los residuos municipales.

- Para el Cantón de San Carlos el costo por tonelada de residuos dispuestos en relleno sanitario es de \$ 9. Sin embargo, un monto más elevado podría permitir una mejora en los flujos del proyecto, debido a que los ahorros por el no envío al relleno serían mayores.
- Los presentes resultados deben tomarse, en general, como una referencia para hacer análisis más detallados en fases posteriores. La municipalidad está legitimada para realizar el proyecto, o modificarlo, según la Ley 8839 y el Código Municipal.

## 11. Bibliografía

CEPAL. Indicadores VAC & CAE. (2020). cepal.org. Obtenido de <https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/2/33602/TercerModulo.pdf>

GIZ. 2020. Plan de Acción Cantonal para la Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. San Carlos

Gobierno de Costa Rica. 2018. Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050. Costa Rica. Recuperado de: <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/02/PLAN.pdf>

Gobierno de Chile. (2013). Obtenido de <http://santiagorecicla.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/10/METODOLOGIA-DE-GENERAL-DE-PREPARACION-Y-EVALUACION-DE-PROYECTOS.pdf>

Ministerio de Ambiente y Energía. 2018. Programa País de Carbono Neutralidad 2.0: Categoría Cantonal. Costa Rica. Recuperado de: [https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2020/04/3-PPCN\\_Cantonal.pdf](https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2020/04/3-PPCN_Cantonal.pdf)

Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. 2009. Estrategia Nacional de Cambio Climático. San José, Costa Rica. Recuperado de: <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/ENCC.pdf>

Tejos (2020). Impacto del COVID en la economía de Costa Rica y escenarios potenciales. Ponencia .INCAE CLACDS.

## 12. Anexos

### 12.1 Resumen del proyecto de la Municipalidad de San Carlos

 **Título del proyecto:** *Economía circular de residuos orgánicos en San Carlos: desde los microorganismos hacia las plantas.*

 <b>Fecha elaboración:</b>	<p><b>Diciembre 2020</b></p>
 <b>Tipo de proyecto</b>	<p><b>Justificación y área de impacto:</b> Casi la mitad de todos los residuos sólidos que las personas envían al relleno sanitario de San Luis de Florencia en San Carlos, son residuos orgánicos sin ningún tipo de tratamiento. Con este proyecto se busca la transformación de los residuos orgánicos municipales en abono, lo cual es una estrategia valiosa a nivel cantonal que fortalecerá los procesos de sostenibilidad y adaptación al cambio climático del Cantón.</p>
 <b>Descripción del proyecto:</b>	<p>La Municipalidad implementará la primera ruta piloto de recolección municipal de residuos orgánicos de San Carlos. Para lo anterior, se plantea el trabajo conjunto y la recolección de los residuos orgánicos del Palacio Municipal, la Oficina de Desarrollo Social y las Áreas Rectoras de Florencia y Quesada. Además, se incluirán en la ruta, los Cen Cinaí de Quesada y Florencia, para fortalecer la autonomía alimentaria de las familias y la nutrición de los niños a través del establecimiento de huertas comunitarias en ambos centros infantiles.</p> <p>Para el tratamiento de los residuos se construirá una planta de compostaje en el Relleno Sanitario Municipal de San Luis de Florencia donde se realizará la recepción, pesaje y el proceso de compostaje de los residuos recolectados en Ciudad Quesada y Florencia. Paralelamente, se iniciará un programa piloto de compostaje para aplicar el tratamiento casero de los residuos orgánicos en las diferentes entidades y organizaciones locales relacionadas con la Municipalidad en órganos de coordinación interinstitucional.</p> <p>La propuesta comprende el uso del abono generado a partir de los residuos orgánicos municipales recolectados en la producción de plantas y árboles nativos y de importancia socio ecológica en el cantón. Por lo tanto, la propuesta también incluye la construcción y acondicionamiento de un vivero municipal en el relleno donde se utilice el compost y se fomente el proceso de sensibilización de la comunidad y educación ambiental sobre la gestión integral de residuos. Además, se quiere retribuir la participación activa de los Cen Cinaí mediante el establecimiento de huertas comunitarias en sus instalaciones que fortalezcan la autonomía alimentaria de las familias usuarias del servicio.</p>
 <b>Objetivos:</b>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Fortalecer la coordinación institucional incrementando las tasas de recolección clasificada de residuos en el cantón, durante los próximos 5 años de vida útil del proyecto.</p> <p><b>Objetivo Específico:</b></p> <p>Impulsar el tratamiento de los residuos orgánicos generados por la Municipalidad de San Carlos, y el Hospital de San Carlos, mediante una ruta de recolección piloto a través de la construcción de una planta de compostaje, donde se genere abono y plántulas para la venta, propiciando el apoyo a los procesos participativos de reforestación y agricultura comunitaria cantonales.</p>
 <b>Localización</b>	<p>En los distritos de Quesada y Florencia de San Carlos.</p>



**Beneficiarios:** Se espera impactar a cerca de 8000 personas. Específicamente usuarios del Cen Cínai de Florencia y Ciudad Quesada, viveros cantonales y huertas comunitarias, Fundación Abuela Ecológica y demás organizaciones que trabajen jornadas de reforestación.

**Socios:** Áreas Rectoras de Salud y Programa Cen Cínai de Florencia y Ciudad Quesada, Comisión de PMGIRS, CCCI, Funcionarios Municipalidad de San Carlos.

**Dueño del proyecto:** Municipalidad de San Carlos.

**Patrocinador Potenciales:** No se visualizan.



**Plazo**

2021-2023



**Paquete tecnológico**

**Proyecto Único y sus variantes**

Las inversiones requeridas se pueden clasificar de la siguiente forma:

**Equipos para planta de compostaje:** Infraestructura, revolcador, trituradoras, composteras, balanzas de piso, cosedoras de sacos, mangueras, estañones plásticos, carretillo, pala, tanquetas, sacos de propileno.

**Vivero y huertas comunales:** Construcción de vivero, palines, carretillos, guantes, camas de germinación, sistemas de riego.



**Prioridad institucional**

Alta



**Financiamiento**

El financiamiento será a través de fondos propios o préstamos de la Municipalidad

Resultados de la evaluación del proyecto en términos monetarios por método VAN:

Escenario (s)	Inversión [ ¢ ]	Ingresos [ ¢ ]	Egresos [ ¢ ]	VAN [ ¢ @ 9 % ]	TIR %	Rel B/C [ ¢ ]	Recuperación (años)
LB	52 752	6 829	39 840	-162931,53	Se indefine	-0,95	-1,86
E1	52 752	6 829	39 840	-238842,68	Se indefine	-0,95	-1,80
E2	52 752	6 829	39 840	-162162,85	Se indefine	-0,95	-1,87



**Resultados Preliminares**

**Impacto económico / financiero**

**Método VAN/TIR**

Por este lado, el método no arrojó una rentabilidad positiva en ninguno de los casos, por dos razones, alta inversión con ingresos muy bajos y altos costos o egresos en todos los casos, siendo quien presenta mejor desempeño escenarios de línea base y el E2.

**Impacto Ambiental (Emisiones GEI, Calidad del Agua, Calidad del Aire).**

Hay una recuperación de **11 871** ton de residuos orgánicos recuperados, gracias a la implementación.

Por otro lado, hay una reducción **148,59** ton CO<sub>2</sub>e (tomando en cuenta la diferencia de emisiones entre el tratamiento en relleno sanitario y el composteo).

El proyecto busca disminuir las emisiones de GEI, la generación de lixiviados y la proliferación de vectores y plagas generados por los residuos orgánicos que se depositan en las fosas del relleno municipal al separarlos del sistema de recolección de residuos ordinarios y transformarlos en abono para plantas y árboles.

**Impacto Social**

La propuesta piloto incluye la participación activa de los Cen Cinaí y las Áreas Rectoras de Salud a través del establecimiento de huertas comunitarias en ambos centros infantiles para dar un ejemplo del uso del abono generado y fortalecerá la autonomía alimentaria de las familias involucradas.

**Impacto normativo**

Cumplimiento de la Ley 8839 GIRS.

 **Riesgos**

Los principales riesgos de este proyecto se han delimitado:

- a. Alcance: puede ser afectado por fallas en el almacenamiento de los residuos orgánicos y el establecimiento de la ruta piloto de recolección de los residuos orgánicos
- b. Costo: se debe considerar la posibilidad de que haya un aumento en el precio de la maquinaria o equipo, así como de los materiales por fluctuaciones en los mercados.
- c. Tiempo: Se debe considerar los atrasos que se puedan generar por la disminución del personal municipal ocasional que se encargará de la construcción y funcionamiento de la planta de compostaje.

Otros riesgos, es la falta de compromiso de los habitantes del cantón en el proyecto o ausencia de estímulos para la adecuada separación de los residuos lo cual impacta la cadena del procesamiento del proyecto.

## 12.2 Fórmula de cálculo para las emisiones de GEI evitadas

Para calcular las emisiones evitadas se tomó en cuenta la diferencia de emisiones entre el tratamiento de residuos en el relleno sanitario y el compostaje, utilizando las siguientes fórmulas:

$$1) EEv = ER - EC$$

Donde:

EEv: Emisiones evitadas anuales (tCO<sub>2</sub>e)

ER: Emisiones en relleno sanitario (tCO<sub>2</sub>e)

EC: Emisiones por composteo (tCO<sub>2</sub>e)

$$2) ER = RR \times FE_{CH_4} \times PCG_{CH_4}$$

Donde:

RR: Residuos recuperados anuales (t)

FE<sub>CH<sub>4</sub></sub>: Factor de emisión por tratamiento en relleno sanitario (t CH<sub>4</sub>/t residuo)

PCG<sub>CH<sub>4</sub></sub>: Potencial de calentamiento global del metano

$$3) EC = (RR \times FE_{CH_4} \times PCG_{CH_4}) + (RR \times FE_{N_2O} \times PCG_{N_2O})$$

Donde:

RR: Residuos recuperados anuales (t)

$FE_{CH_4}$ : Factor de emisión de metano por composteo (t  $CH_4$ / t residuo)

$PCG_{CH_4}$ : Potencial de calentamiento global del metano

$FE_{N_2O}$ : Factor de emisión de óxido nitroso por composteo (t  $N_2O$ / t residuo)

$PCG_{N_2O}$ : Potencial de calentamiento global del óxido nitroso