

**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**FACULTAD DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR**  
**ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES**  
**INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS  
TECNOLOGÍAS AMBIENTALES DOMICILIARES PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS  
ORGÁNICOS EN HOGARES DEL CANTÓN DE ASERRÍ**

Trabajo de graduación sometido a consideración del Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Gestión Ambiental

**Autor:**

**JOSSETTE TATIANA MATA RUIZ**

Heredia, Costa Rica

Noviembre, 2024

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional, para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Gestión Ambiental.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

.....

MSc. Ligia Hernando Echeverría.

Representante Decanato FCTM

.....

MSc. José Félix Rojas Marín

Representante Dirección EDECA

.....

MSc. Osvaldo Páez Ponce

Tutor

.....

MSc. Vanessa Chaves Cordero

Lectora

.....

Mag. Olga Durán Monge

Lectora

.....

Ing. Jossette Tatiana Mata Ruiz

Postulante

## **AGRADECIMIENTO**

Primero que todo a Dios por permitirme cumplir una meta más en mi vida.

Al tutor Oswaldo Páez, a las lectoras Vanessa Chaves y Olga Durán, quienes me ayudaron con todo el proceso, acompañamiento y retroalimentación para el desarrollo del proyecto.

A las familias del cantón que participaron y colaboran con la encuesta y el muestreo de los residuos orgánicos.

## **DEDICATORIA**

A mi mamá, quien siempre vio por todo nosotros y siempre estuvo para nosotros hasta que Dios así lo quiso. Mujer valiente, guerrera, amorosa que siempre daba lo mejor de ella y luchaba junto a nosotros para cumplir nuestras metas, siempre nos decía sí se puede, con mucho esfuerzo y amor todo es posible. Sé que no estás aquí presencialmente para disfrutar juntas este triunfo, pero estoy segura que desde el cielo lo celebras junto a mí.

A mis hermanos Fabiola, Fabián y Fabricio, a mi tía Lidieth, a mi tío Luis, a mis abuelitos y a mi esposo por siempre estar junto a mí, apoyándome en todas las decisiones que tomo e incentivar-me a salir adelante, son los más importante para mí.

## Tabla de contenido

<b>1 RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1 Objetivo General .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>5</b>
<b>4 MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>5</b>
<b>4.1 Conceptualización .....</b>	<b>5</b>
4.1.1 Generación de Residuos Sólidos .....	5
4.1.2 Caracterización de los Residuos Sólidos.....	6
4.1.3 Categorías de los Residuos Sólidos.....	6
4.1.4 Legislación Asociada .....	7
<b>4.2 Tecnologías Ambientales .....</b>	<b>8</b>
4.2.1 Beneficios de las Tecnologías Ambientales.....	8
<b>4.3 Tecnologías Ambientales Domiciliares.....</b>	<b>9</b>
<b>4.4 Compostaje .....</b>	<b>9</b>
4.4.1 Sistemas abiertos .....	11
4.4.2 Sistemas cerrados .....	11
4.4.3 Lombricompost o humus de lombriz.....	12
4.4.4 Digestión Anaeróbica .....	12
<b>4.5 Índice Ambiental .....</b>	<b>14</b>
<b>4.6 Indicadores Sociales .....</b>	<b>15</b>
4.6.1 Índice de Pobreza .....	15
4.6.2 Caracterización del Desarrollo Social .....	15
<b>4.7 Indicadores Geográficos .....</b>	<b>17</b>
4.7.1 Tipos de suelo.....	18
4.7.2 Climatología.....	18
4.7.3 Hidrografía .....	18
4.7.4 Geomorfología.....	19
4.7.5 Geología .....	19

<b>4.8</b>	<b>Construcción de la encuesta .....</b>	<b>19</b>
4.8.1	Sector social .....	19
<b>4.9</b>	<b>Características socio-económicas.....</b>	<b>19</b>
4.9.1	Índice de pobreza multidimensional.....	19
<b>5</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>22</b>
<b>5.1</b>	<b>Alcance de Estudio .....</b>	<b>22</b>
<b>5.2</b>	<b>Descripción del Proceso Metodológico .....</b>	<b>23</b>
5.2.1	Fase 1: Diagnosticar las Variables Socioambientales (objetivo específico 1).....	23
5.2.2	Fase 2: Identificar las Diferentes Técnicas Apropriadas para la Gestión Adecuada de los Residuos Orgánicos (objetivo 2).....	26
5.2.3	Fase 3: Propuesta de estrategias para el manejo de residuos orgánicos en los hogares basados en los resultados del objetivo 1 y 2 (objetivo 3).....	27
<b>6</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
<b>6.1</b>	<b>Fase I.....</b>	<b>27</b>
6.1.1	Mapeo.....	31
6.1.2	Caracterización de los residuos orgánicos.....	31
<b>6.2</b>	<b>Fase II.....</b>	<b>33</b>
6.2.1	Análisis económico .....	33
6.2.2	Análisis técnico .....	36
6.2.3	Análisis ambiental .....	43
<b>6.3</b>	<b>Fase III .....</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>8.1</b>	<b>A nivel municipal.....</b>	<b>48</b>
<b>8.2</b>	<b>A nivel social .....</b>	<b>48</b>
<b>8.3</b>	<b>A nivel del sector privado .....</b>	<b>49</b>
<b>9</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>50</b>
<b>10</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>58</b>
	.....	58

### Índice de cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Toneladas (T) de residuos ordinarios de la Municipalidad de Aserri .....	3
<b>Cuadro 2.</b> Legislación asociada con el proyecto.....	7
<b>Cuadro 3.</b> Ilustración de las diferentes tecnologías domiciliarias.....	12
<b>Cuadro 4.</b> Índice de Desarrollo Social a nivel del cantón de Aserri .....	16
<b>Cuadro 5.</b> Densidad poblacional según territorio .....	17
<b>Cuadro 6.</b> Población y viviendas por distrito.....	22
<b>Cuadro 7.</b> Cálculo del número de muestra por distrito .....	24
<b>Cuadro 8.</b> Indicadores de educación de la población estudiada.....	28
<b>Cuadro 9.</b> Indicadores de vivienda en la población estudiada .....	28
<b>Cuadro 10.</b> Datos de asalariados y seguro social .....	29
<b>Cuadro 11.</b> Clasificación de los residuos orgánicos recolectados .....	32
<b>Cuadro 12.</b> Producción de abono orgánico .....	33
<b>Cuadro 13.</b> Análisis de prefactibilidad económico de las tecnologías ambientales domiciliarias .....	34
<b>Cuadro 14.</b> Retorno de inversión en las tecnologías domiciliarias .....	36
<b>Cuadro 15.</b> Análisis técnico de las tecnologías ambientales domiciliarias.....	37
<b>Cuadro 16.</b> Tiempo de cosecha de abono orgánico .....	40
<b>Cuadro 17.</b> Comparación de sistemas abiertos de compostaje .....	41
<b>Cuadro 18.</b> Comparación en sistemas cerrados de compostaje .....	43
<b>Cuadro 19.</b> Cálculo de emisiones gases efecto invernadero .....	44

### Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Fases del compostaje .....	10
<b>Figura 2.</b> Composición de los indicadores del IPM .....	21
<b>Figura 3.</b> Disposición final de los residuos orgánicos.....	30

### Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Mapa de la influencia del proyecto .....	58
<b>Anexo 2.</b> Encuesta.....	59
<b>Anexo 3.</b> Mapeo de encuestas realizadas.....	63
<b>Anexo 4.</b> Cálculo de retorno de inversión.....	66

<b>Anexo 5.</b> Memoria de cálculo de factor de emisión .....	66
<b>Anexo 6 .</b> Parámetros utilizados para el análisis de las matrices de evaluación de impactos ambientales de las tecnológicas domiciliarias.....	67
<b>Anexo 7.</b> Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental de la técnica de compostaje en Pila de Volteo Manual .....	69
<b>Anexo 8.</b> Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental de la técnica de compostaje en takakura .....	71
<b>Anexo 9.</b> Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental de la técnica de compostaje en Compostera giratoria .....	73
<b>Anexo 10.</b> Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental de la técnica de compostaje en Lombricompostera .....	75
<b>Anexo 11.</b> Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental de la técnica de compostaje en Digestión anaeróbica .....	78
<b>Anexo 12.</b> Guía de compostaje de volteo manual.....	82
<b>Anexo 13.</b> Guía de compostaje en compostera giratoria .....	83
<b>Anexo 14.</b> Guía de compostaje takakura .....	85
<b>Anexo 15.</b> Guía de lombricompostaje.....	88

## 1 Resumen

La generación de los residuos sólidos es una de las principales problemáticas ambientales a nivel mundial, en Costa Rica se genera aproximadamente 4000 t de residuos sólidos al día, de los cuales el 53% son residuos orgánicos.

La Municipalidad de Aserrí decidió desarrollar una propuesta de tecnologías domiciliarias para el tratamiento de los residuos orgánicos, mediante un estudio de la factibilidad ambiental y un análisis económico en los hogares del cantón.

El proyecto de investigación se compuso de tres fases. La primera consistió en realizar un diagnóstico mediante la construcción de una encuesta, donde se dio a conocer las variables socio-ambientales del cantón. En la segunda fase se identificó las técnicas pertinentes para la gestión adecuada de los residuos orgánicos mediante un análisis de prefactibilidad, considerando los factores ambientales, económicos y técnicos-sociales de cada tecnología. Y en la tercera se desarrolló una propuesta de las tecnologías más apropiadas para la población de Aserrí, mediante una guía del paso a paso acerca de cómo desarrollar las técnicas, estas fueron de fácil divulgación y comprensión para todos los pobladores.

Como principales resultados se obtuvo: las tecnologías domiciliarias más apropiadas para el tratamiento de los residuos orgánicos a nivel domiciliario fueron el compostaje en pila de volteo manual, técnica con menor costo e inversión, ya que se puede desarrollar bajo techo o al aire libre, y agregar todo tipo de residuos orgánicos. Otra técnica viene a ser el compostaje en takura, una alternativa para los espacios reducidos, pues por su tamaño y portabilidad se podría colocar en todo lugar siempre y cuando esté bajo techo, éste es el compostaje más rápido en llegar a la fase de maduración debido a los fermentos. Como tercera tecnología se encontró la compostera giratoria, al igual que la takakura se puede colocar en espacios reducidos y es portátil, por su diseño cerrado permite mejor control de los vectores y roedores, además aporta belleza escénica al lugar; también, permite agregar todo tipo de residuos. Adicionalmente, se realizó una cuarta guía relacionada con el lombricompost para la población con más espacio en su hogar y quienes desean realizar una técnica un poco diferente a las otras tecnologías.

Según el análisis realizado estas fueron las cuatro tecnologías que tuvieron mejor resultado a nivel ambiental, económico y técnico. Por lo tanto, se puede desarrollar cualquiera de las técnicas, ya que las condiciones climáticas del cantón no presentaron inconvenientes para desarrollar cualquiera de las técnicas.

Por otro lado, en el diagnóstico inicial se mostró que más del 60% de la población encuestada pertenece a la zona rural, ello facilitó el desarrollo de técnicas apropiadas para la disposición de los residuos orgánicos. Además, la municipalidad no brinda el servicio de recolección diferenciado de estos residuos, eso potencia aún más las inadecuadas prácticas. Por esta razón la municipalidad debe fomentar la educación ambiental para gestionar de forma adecuada los residuos en el cantón.

## 2 Introducción

En el mundo, la generación de residuos sólidos aumentó con el desarrollo de la revolución industrial. Diferentes países desarrollaron sistemas para la gestión de los residuos sólidos, en Alemania a partir del 01 de junio del 2012, se “establece la Ley de la Economía Circular, donde incluyeron elementos como: el principio de quien contamina paga, la jerarquía de desperdicio de cinco niveles y el principio de responsabilidad pública y privada compartida para la gestión de los residuos” (Segura, 2020).

Segura, A. (2020) indica que los países como Alemania, Suiza, Bélgica, Japón, Países Bajos, entre otros, lograron tener éxito en la gestión de los residuos sólidos debido a la aplicación de un enfoque sistémico donde se involucraron factores de orden político, legal, técnico y cultural. En Costa Rica, según el Plan Nacional de gestión de residuos sólidos (2016), para el 2006 se estimó una generación diaria de 3 784 T de residuos ordinarios, lo cual equivale a un aumento de 2.7 % más respecto del año 1991. Para el año 2011 el Ministerio de Salud registró una generación aproximada de 3 955 T diarias y para el 2014 se contabilizó a 4 000 toneladas diarias. Esto significó que en tres años el país tuvo un aumento de aproximadamente 1% en la generación de residuos. En Costa Rica, estudios realizados por el Estado de la Nación indicaron que el 53% de los residuos sólidos son de origen orgánico.

Estos residuos pueden integrarse en una economía circular para aprovechar sus subproductos en lugar de utilizar materias primas vírgenes, ello permite maximizar la utilización

de los residuos orgánicos. De esta manera, se reduce la producción de gases como metano, dióxido de carbono y otros gases relacionados con el calentamiento global, contribuyendo así a combatir dicho fenómeno (Córdoba, 2019). En el cantón de Aserrí, datos de la Municipalidad reflejaron que los últimos cinco años la cantidad de residuos sólidos recolectados tiene un promedio de 12 688 T anuales, siendo el año 2020 donde se registró la cifra más alta con 13 381 toneladas al contrario del 2022 donde se registraron 12 031 T, como se muestra en el cuadro 1. Es importante recalcar estos datos solamente incluyen los residuos sólidos ordinarios.

### **Cuadro 1.**

*Toneladas (T) anual de residuos ordinarios producidos en la Municipalidad de Aserrí*

	<b>Año</b>				
	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Residuos Ordinarios</b>	12 808	12 507	13 381	12 618	12 031

**Fuente:** Municipalidad de Aserrí, 2022.

Se puede decir que 7 091 toneladas son residuos orgánicos, según el informe del Estado de la Nación, donde se indica que aproximadamente 53% de los residuos recolectados en el país son orgánicos (Córdoba, 2019).

El municipio de Aserrí no cuenta con un estudio referente al tratamiento de los residuos orgánicos domiciliarios, ni la estratificación de la zona con el fin de ejecutar las técnicas para una factibilidad económica y ambiental, por esta razón surgió la iniciativa de desarrollar este proyecto en el cantón de Aserrí, el cual tiene una población de 58 430 habitantes (INEC, 2011).

La inadecuada gestión de los residuos orgánicos provoca problemas de salud como enfermedades ocasionadas por plagas y vectores. A nivel ambiental aumenta los gases efecto invernadero y la contaminación por lixiviados. Cuando estos residuos se disponen en un relleno sanitario e inicia el proceso de degradación, liberan lixiviados que deben ser tratados de forma

correcta para evitar la contaminación del cuerpo de agua y del suelo, igual sucede cuando son enterrados o vertidos en un lote baldío. Eso repercute en un costo económico para mitigar o subsanar el impacto provocado, por lo tanto, investigaciones demuestran que invertir en una correcta gestión integral de los residuos sólidos sí tiene sentido desde el punto de vista económico, ambiental y social (Banco Mundial, 2023).

Con el propósito de mitigar la acción de los gases y la polución generada por esos residuos, en el país se crearon leyes y reglamentos para la gestión integral de los residuos sólidos y así, regular el impacto ambiental. Entre ellas, la Ley para la Gestión Integral de Residuos Sólidos N° 8839, la Ley Orgánica N° 7575, la Ley General de la Salud N°5395, la Constitución Política, el Código Municipal, el Reglamento General a la Ley Gestión Integral de Residuos Sólidos, entre otros. A pesar de los esfuerzos del gobierno central y de los gobiernos locales, no ha sido posible disminuir la tasa de generación de residuos por habitante, pues el Ministerio de Salud indicó un aumento del 8% en el año 2020 en comparación con año 2019, lo anterior demuestra que no ha sido posible disminuir la cantidad de residuos sólidos, persistiendo el problema de contaminación que sufre el país (Ministerio de Salud, 2022).

Además, se han desarrollado diferentes estrategias, programas y planes nacionales para combatir esta problemática. Uno de los más recientes es el Plan Nacional de Compostaje cuyo objetivo es impulsar la economía circular en la gestión de los residuos orgánicos, con base en la sistematización de siete ejes estratégicos: carbonización del suelo, actualización legal de la norma, gestión de materia orgánica, emprendimiento e innovación, cambio cultural, contribución a la descarbonización y MRV y sostenibilidad financiera (Plan Nacional de Compostaje, 2020).

El presente trabajo, se realizó mediante una práctica dirigida en la Dirección de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Aserrí, y se ejecutó en los siete distritos del cantón: Aserrí, Salitrillos, Tarbaca, San Gabriel, Vuelta de Jorco, Monterrey y la Legua, por un lapso de un año, se clasificaron según sus características económicas y sociales (estratos) para identificar tecnologías ambientales domiciliarias las cuales se puedan desarrollar en búsqueda de la calidad ambiental.

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Desarrollar una propuesta de tecnologías domiciliarias para el tratamiento de los residuos orgánicos, mediante un estudio de la factibilidad ambiental y un análisis económico en los hogares del cantón de Aserrí.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- 3.2.1. Diagnosticar las variables socioambientales de cantón de Aserrí mediante información primaria y secundaria que permita la identificación de alternativas de tratamiento de los residuos orgánicos.
- 3.2.2. Identificar las diferentes técnicas de tratamiento de los residuos orgánicos mediante una priorización de acuerdo con el estudio de factibilidad ambiental y análisis económico según las necesidades y los recursos para la aplicación de tecnologías ambientales en el cantón de Aserrí.
- 3.2.3. Crear una propuesta de acuerdo con los resultados del estudio de factibilidad ambiental y al análisis económico de las tecnologías ambientales domiciliarias en el cantón de Aserrí para el mejoramiento del índice de la calidad ambiental.

### **4 Marco Conceptual**

#### **4.1 Conceptualización**

Con el paso de los años la crisis ambiental atenta contra la salud y estabilidad de los seres vivos, la revolución industrial y el desarrollo de tecnologías inapropiadas aceleran los efectos del cambio climático y el calentamiento global, por lo tanto, es esencial el análisis de diversos conceptos para comprender la problemática actual y las acciones por tomar para mitigar este fenómeno.

##### ***4.1.1 Generación de Residuos Sólidos***

En el mundo el aumento de los residuos sólidos es alarmante, la producción acelerada de estos residuos y su lento proceso de degradación se vuelve preocupante. Según estudios la

generación de los residuos urbanos es de aproximadamente de 1.3 billones de toneladas anuales y se estima aumente a 2.2 billones de toneladas al año para el 2025. Debido a la falta de regular la gestión de los residuos, un porcentaje termina en cuerpos de agua y lotes baldíos ocasionando daños terrestres y acuáticos a nivel global (Segura, 2020).

En Costa Rica se produce 3 982 toneladas de residuos sólidos diarios, de los cuales 3 132 toneladas se disponen en rellenos sanitarios o vertederos, esto representa un 78.7% de los residuos tratados en un entorno controlado. El 21.3% restante no posee ningún tratamiento y en su mayoría se disponen en lotes baldíos, alcantarillado público y cuerpos de agua, provocando efectos nocivos al ambiente (Soto, 2019).

#### ***4.1.2 Caracterización de los Residuos Sólidos***

Es una herramienta que permite recolectar datos primarios sobre los residuos en una zona geográfica específica, incluyendo información sobre densidad, volumen, cantidad, características físicas y químicas. Además, permite clasificar los residuos en diferentes categorías como biodegradables, metales, textiles, valorizables, peligrosos, entre otros. Esto brinda la posibilidad de analizar y planificar de forma integral, operativa y financiera, la recolección, el manejo y la disposición final de los residuos (Mino, 2019).

#### ***4.1.3 Categorías de los Residuos Sólidos***

**Residuos Valorizables.** Se incluye todos aquellos envases de plástico de polietileno de baja densidad y alta densidad, PVC, estireno y polipropileno, recipientes de aluminio, latón o hojalata, residuos elaborados a base de papel, cartón y todos los recipientes o productos de vidrio, excluyendo los vidrios de planos como: ventanas, cerámica, entre otros (Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos, 2016).

**Residuos Ordinarios.** Aquellos residuos generados que no se pueden recuperar ni valorizar, no son peligrosos y tampoco son residuos de manejo especial (Ley para la Generación Integral de Residuos N° 8839).

**Residuos bioinfecciosos.** Principalmente se generan en centros de salud y se gestionan de acuerdo al Reglamento sobre la gestión de los desechos infectocontagiosos (Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos, 2016).

**Residuos de manejo especial.** Son aquellos que, por sus características de composición, almacenaje, transporte pueden significar un riesgo para la salud y provocar impactos ambientales negativos (Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos, 2016).

**Residuos orgánicos.** Son residuos que por su composición de origen vegetal y animal se descomponen de forma natural, degradándose y convirtiéndose en materia orgánica rica en carbono, estos residuos provienen de hogares, restaurantes, agricultura, jardines, viveros, silvicultura, entre otros (Mino, 2019).

#### ***4.1.4 Legislación Asociada***

Costa Rica cuenta con un marco normativo que regula las responsabilidades del productor, considerado una gestión integrada de residuos sólidos.

En el cuadro 2 se detalla la legislación asociada con el proyecto y su aplicación asociada con la gestión de los residuos.

### **Cuadro 2**

#### *Legislación asociada con el proyecto*

<b>Nombre de la legislación</b>	<b>Aplicación</b>
Constitución Política de la República de Costa Rica de 1949	Vela por el bienestar de los ciudadanos y el derecho a un ambiente ecológicamente equilibrado.
Ley de la Salud N° 5395 de 1974	Vela por la salud de la población y el interés público.
Ley Orgánica del Ambiente N° 7554 del 1995	Vela por brindar los instrumentos necesarios para un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.
Ley Forestal N° 7575 de 1996	Vela por la conservación y conservación de los recursos naturales

Ley para la Gestión Integral de Residuos Sólidos N° 8839 del 2010	Regula la gestión integral de los residuos
Código Municipal de 1998	Regula las acciones municipales.
Reglamento de separación de residuos sólidos del cantón de Aserrí de 2016	Regular la gestión integral de residuos sólidos del cantón de Aserrí
Decreto No. 37745 Metodología para Estudios de Generación y Composición de Residuos Sólidos Ordinario. ¿año?	Es una referencia para conocer la cantidad y composición de los residuos sólidos ordinarios generados.
Decreto No. 36093-S Reglamento sobre el Manejo de Residuos Sólidos Ordinarios del 2014.	Tiene como objetivo proteger la salud pública y el medio ambiente mediante la gestión de los residuos sólidos.

Fuente: Elaboración propia

## 4.2 Tecnologías Ambientales

Estas tecnologías buscan reducir ciclos cerrados y la economía lineal para el agotamiento acelerado de los recursos naturales, sustituyendo los materiales abióticos que poseen componentes físicos y químicos que contaminan el ambiente por materiales bióticos de origen biológico, los cuales se puede incorporar nuevamente en un sistema integrado, donde incluyen técnicas para el aprovechamiento de los residuos sólidos tales como reciclado, recuperación y revalorización, así también el aprovechamiento de los residuos orgánicos (Brown y Gil, 2003).

### 4.2.1 Beneficios de las Tecnologías Ambientales

**Socioeconómicos.** La aplicación de compost en el sector de producción agropecuaria posee efectos positivos mejorando las propiedades físicas del suelo como la aireación y almacenamiento de agua, así, además, en sus propiedades química regulando el pH y suministrando nutrientes, en lo biológico regula la actividad microbiana y aumenta la materia orgánica sinónimo de fertilidad, por lo tanto, sus cultivos son más sanos libres de químicos, de mejor calidad y aumentando producción (Wilson, 2019).

**Salud pública.** Este tipo de tecnologías promueve las buenas prácticas y están destinadas a proteger, promover u restaurar la salud de las personas, disminuyendo los factores de riesgo por

la contaminación ambiental y la aparición de vectores o plagas que atenten contra la salud de los habitantes (Paniagua y Solís, 2017).

**Seguridad alimentaria.** Debido al aumento de precios de los alimentos muchas familias no tienen acceso a ellos, este tipo de técnicas facilita el cultivo de alimentos a un bajo costo, lo que permite tener acceso de una forma más sencilla (Paniagua y Solís, 2017).

**Ambiental.** Las tecnologías ambientales buscan la economía circular de los residuos, en este caso, el compostaje valoriza los residuos biodegradables y así cierra el ciclo de la materia orgánica, reintegrando al suelo en forma de humus por medio de la degradación y mineralización de los residuos orgánicos (Chaves, A. et al., 2019).

### **4.3 Tecnologías Ambientales Domiciliarias**

Son acciones, estrategias o actividades que se desarrolla en los domicilios para aprovechar y gestionar de manera correcta los residuos sólidos, con fin de tratarlos desde la fuente para disminuir la problemática ambiental, entre ellas se puede mencionar: compostaje en sistemas abiertos como pila de volteo, lombricompostaje y takakura, y compostaje en sistemas cerrados como compostera giratoria, y digestión anaeróbica. Además, con el desarrollo de estas tecnologías se busca obtener un equilibrio económico, ambiental y social.

### **4.4 Compostaje**

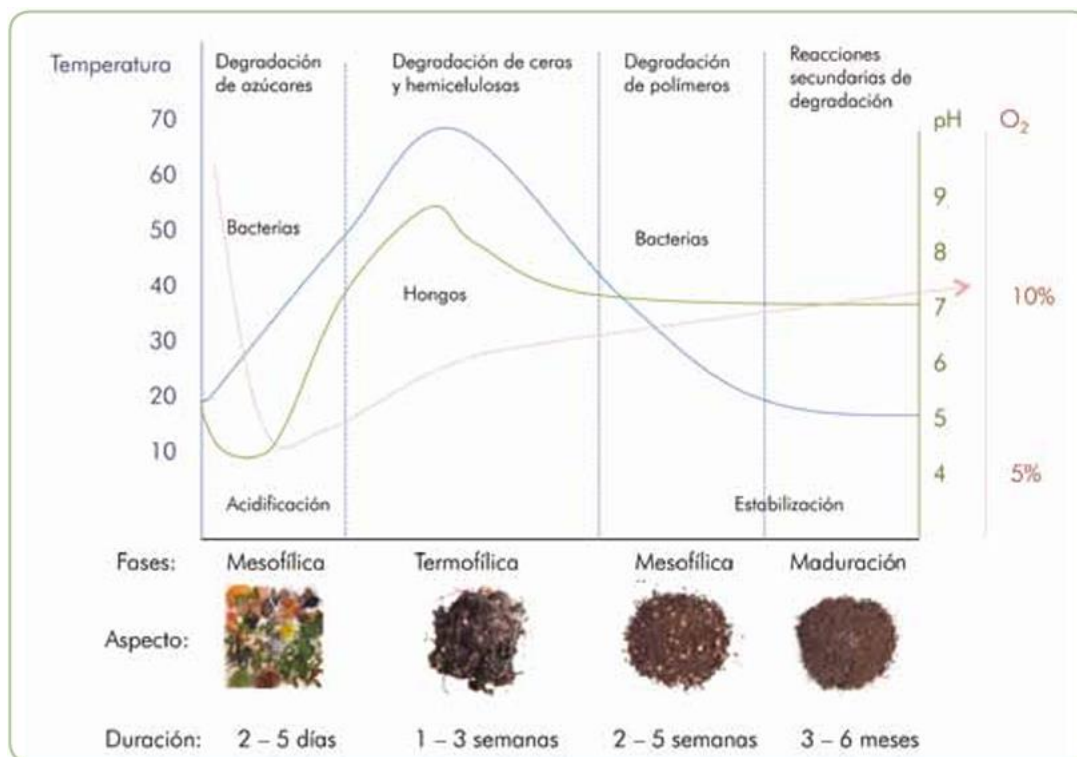
El compostaje es un proceso versátil para la gestión adecuada de los residuos orgánicos en presencia de oxígeno, microorganismos aeróbicos y humedad, transforma de forma segura los residuos orgánicos en abono orgánico rico en nutrientes y minerales, vuelve al suelo más fértil para el desarrollo de la agricultura, huertas y jardines (Páez, 2021). En la figura 1, se observa el proceso el cual consiste en la degradación y mineralización de la materia orgánica mediante cuatro fases:

- Fase mesófila: a causa de la descomposición de la materia orgánica y la actividad microbiana utilizando el carbono y el nitrógeno para generar calor, la temperatura aumenta hasta los 45C°.

- Fase termófila: al desarrollar una temperatura mayor a los 45°C, los microorganismos desaparecen y surgen las bacterias para degradar las partículas de carbono más complejas como las ceras y hemicelulosas.
- Fase de enfriamiento o mesófila II: la temperatura baja entre los 40-45°C a causa del agotamiento de carbono y nitrógeno.
- Fase de maduración: se forman los ácidos húmicos y fúlvicos, es decir, son las sustancias del humus que brinda nutrientes y minerales al suelo, esta fase se mantiene a temperatura ambiente.

**Figura 1.**

*Fases del compostaje*



*Nota:* Adaptado de *Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje*, de P. Román 2013, FAO.

Existen diversos sistemas para compostar tanto de forma sencilla, como un poco más laboriosa, esto depende de la disponibilidad de recursos y preferencias (Páez, 2021).

A continuación, se describe diferentes sistemas de compostajes:

#### **4.4.1 *Sistemas abiertos***

Es un proceso aeróbico que utiliza pilas o cajones para el tratamiento de los residuos orgánicos y la producción de abono orgánico, entre ellas están:

**Pilas de volteo manual.** No utiliza ningún agente externo, consiste en mezclar los residuos biodegradables tomando en consideración una relación carbono nitrógeno de 50-50 (residuos de color café ricos en carbono y residuos de color verde ricos en nitrógeno), este modelo se utiliza a baja escala, ya que esta técnica es muy versátil se puede realizar en el suelo o en planché de forma artesanal utilizando palas para el volteo. Dentro de esta técnica también se puede realizar el Compostaje con microorganismos de montaña, consiste en utilizar hongos y hojarasca de los bosques o montañas libres de agroquímicos que al mezclarlos con otros ingredientes orgánicos propicia una elevada y diversa calidad nutricional al producir abono orgánico (Chaves. A et al., 2019).

**Takakura.** Utilizan microorganismos fermentativos de las cáscaras de las frutas o comida fermentada para descomposición de la materia orgánica, en esta técnica se utiliza cajas de madera o de plástico y el volteo se realiza de forma manual (Chaves et al., 2019).

#### **4.4.2 *Sistemas cerrados***

Permite el mejor control de los agentes externos como lluvia, olores, plagas y roedores, además, pueden ser portátiles. Estos sistemas se utilizan para el tratamiento de residuos a pequeña escala (Docampo, 2013).

**Compostera giratoria.** Es un sistema cerrado rotativo, por su diseño permite mezclar los residuos orgánicos y oxigenarlos de forma sencilla y eficiente, sin necesidad de realizar volteos manuales. La mayoría de estas tiene dos cámaras, eso permite que mientras se agrega residuos a una cámara, el otro compartimiento tiene esta en tiempo de maduración generando abono orgánico.

**Compostera horizontal.** Esta técnica es más artesanal, se puede utilizar barriles plásticos de 220 L, es una forma más artesanal de realizar la técnica de compostera giratoria.

#### 4.4.3 *Lombricompost o humus de lombriz.*

Para esta técnica se utiliza diferentes especies de lombrices, pero entre las más utilizadas esta la *Eisenia fétida* (*Eisenia foetida*), conocida como lombriz californiana, degradan todo tipo de residuos orgánicos junto a los microorganismos, estas lombrices tienen la capacidad de reproducirse muy rápido, hasta 100 lombrices cada tres meses (Pellejero, 2021). El proceso se debe realizar en una pileta o cajón con drenaje para los lixiviados, pues necesitan un 90% de humedad y no debe tener explosión a la luz (Chaves et al., 2019).

#### 4.4.4 *Digestión Anaeróbica.*

Es un proceso biológico donde los microorganismos anaeróbicos transforman los residuos orgánicos en biogás, generando metano ( $HC_4$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en mayor cantidad, también se produce gases como ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ), amoníaco ( $NH_3$ ) e hidrógeno ( $H_2$ ). Además de producir energía renovable, los líquidos pueden ser aprovechados como fertilizantes en el sector agropecuario (Escudero- González et al., s.f.).

### Cuadro 3.

*Ilustración de las diferentes tecnologías domiciliarias*

Tecnología	Ilustración
Pila de volteo	

---

**Takakura en caja de madera**

---

**Takakura en caja de plástico**

---

**Compostera giratoria**

---

**Lombricompost en vermicompostera**

Huerto Orgánico

---

---

### Lombricompost en pila



---

### Biodigestor



## 4.5 Índice Ambiental

El índice ambiental es una herramienta tipo estadística con una o más variables, permiten analizar valores en tiempo y espacio que facilitan la toma de decisiones sobre la gestión ambiental. Quiroga (2009) menciona “el indicador debe comunicar claramente una historia pertinente, debe ser una señal que alerta sobre lo que ocurre con respecto a un fenómeno, problema o desafío y debe decirlo de una forma clara y contextualizada” (p. 21).

Según Quiroga (2009) el indicador ambiental permite medir la magnitud de problemas ambientales o los resultados de una estrategia o plan de acción, con el objetivo de mejorar el bienestar social, económico y ambiental. Es fundamental para la toma de decisiones en los procesos de desarrollo que exige intervenciones y en políticas públicas (p. 22).

## **4.6 Indicadores Sociales**

### ***4.6.1 Índice de Pobreza***

Está relacionado con diferentes aristas las cuales involucran aspectos como: economía, seguridad, igualdad de oportunidades y escolaridad. Estudios económicos revelan que el grado de pobreza se centra en tres aspectos principales; necesidad, estándar de vida e insuficiencia de recursos (IMAS, 2021).

Según IMAS (2021), en Costa Rica se aplica diversos análisis, los cuales permiten mediante las encuestas aplicadas determinar rasgos de similitud entre hogares que permiten identificar el grado de desarrollo social. A continuación, se presenta algunos de ellos:

- a. Miembros del núcleo familiar mayor al promedio de hogares
- b. La presencia de niños, niñas y adultos mayores en superior
- c. El jefe o jefa de hogar posee educación inferior al tercer nivel de educación general básica
- d. Jefatura femenina
- e. Desempleo
- f. Principalmente laboran en el sector informal

### ***4.6.2 Caracterización del Desarrollo Social***

Considerando estos factores, los cuales hacen referencia a las brechas sociales donde las principales dimensiones de participación social, salud, economía y educación presentes en el cantón de Aserrí, como se denota en el cuadro 4, en promedio el índice de desarrollo social es bajo, pues cuatro de sus siete distritos se categorizan con un rango entre 50.07 a 60.50 con un índice bajo, excepto el distrito de Aserrí y Salitrillos, por cuanto tienen un índice de desarrollo social medio de 69.55 y 62.05.

**Cuadro 4.***Índice de Desarrollo Social a nivel del cantón de Aserrí*

<b>Distrito</b>	<b>Puntaje de IDS</b>	<b>Índice</b>
<b>Aserrí</b>	69.55	Medio
<b>Salitrillos</b>	62.05	Medio
<b>Vuelta de Jorco</b>	60.50	Bajo
<b>Tarbaca</b>	57.93	Bajo
<b>San Gabriel</b>	55.25	Bajo
<b>Monterrey</b>	50.07	Bajo
<b>Legua</b>	45.70	Muy Bajo

Fuente: IMAS, 2021.

Según el plan cantonal de desarrollo local de la municipalidad de Aserrí, aproximadamente 49.43% de la población está económicamente activa, concentrándose principalmente en el distrito Central y en Salitrillos. En relación con la población ocupada, el 54.63 % y el 51.19 % se ubica en los distritos de Aserrí y Tarbaca, pero a la vez en esos distritos el 1.94 % y el 2.28 % es de población desempleada, en el caso de Monterrey y la Legua predomina la población que se encuentra fuera de la fuerza laboral con un 54.84 % y un 53.04 % (PCDHL, 2023).

Con respecto del sector económico del cantón el 24.10 % se dedica a la actividad agrícola, el 15.45 % al sector industrial y 60.46 % a servicios, es relevante recalcar que el cantón cuenta con dos distritos urbanos (Aserrí y Salitrillos) y con cinco rurales (Tarbaca, San Gabriel, Monterrey, Vuelta de Jorco y la Legua) (PCDHL,2023).

Según el Índice de competitividad cantonal, Aserrí se ubica en la posición baja por sus variables en calidad de vida, capacidad de innovación, pilar laboral, pilar empresarial, infraestructura, gobierno y económica (PCDHL, 2023). En general el cantón está categorizado con

un índice de desarrollo social de 47,09 en la categoría muy baja. A pesar de estar categorizado en esta posición, el cantón solamente tiene un 1.98% de analfabetismo en la población (INE, 2012).

#### 4.7 Indicadores Geográficos

Aserri es el sexto cantón de la provincia de San José, declarado en la ley No. 3 del 27 de noviembre de 1882, tiene una extensión territorial de 167.1 km<sup>2</sup> (Municipalidad de Aserri, 2024) y una población de 58 430 habitantes.

Según las proyecciones poblacionales del INEC para el 2021 el cantón contaba con la siguiente densidad poblacional.

#### Cuadro 5.

*Densidad poblacional según territorio distrital del cantón de Aserri*

<b>Distrito</b>	<b>Densidad Poblacional</b>	<b>Territorio en km<sup>2</sup></b>
<b>Aserri</b>	1990	15.25
<b>Tarbaca</b>	109.3	15.33
<b>Vuelta de Jorco</b>	333.1	22.04
<b>San Gabriel</b>	589.3	11.76
<b>La Legua</b>	19.4	90.14
<b>Monterey</b>	66.7	8.36
<b>Salitrillos</b>	1106.6	14.35

Fuente: INEC, 2021.

Como se observa en el cuadro 5, la mayor densidad poblacional se concentra en los distritos centrales de Aserri y Salitrillos, lo cual provoca los habitantes vivan en espacios más reducidos y limitaciones territoriales. En cambio, el Tarbaca es el tercer distrito con menor población, pero con mayor territorio.

#### **4.7.1 Tipos de suelo**

Según información del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el cantón cuenta con tres tipos de suelos ultisoles, ultisoles/inceptisoles y urbano. Además, hace mención de que el uso actual y la capacidad del suelo son de 15% actividad agrícola, 7% zonas forestales y 75% a zonas de conservación, esta última se debe a la presencia de laderas y pendientes muy pronunciadas. En los distritos de Tarbaca, Vuelta de Jorco y la Legua se identifica riesgos de deslizamientos (MAG, 2020).

#### **4.7.2 Climatología**

Aserri se ubica en la región central del país, en una zona tectovolcánica, posee bosque húmedo tropical y bosque pluvial premontano, presenta temperatura promedio de 22°C con precipitaciones de 2300mm anuales en promedio. Sus suelos se clasifican como latosol y de origen aluvial, en algunas zonas existen suelos lateríticos de baja fertilidad natural con pendientes pronunciadas (IMN, 2023).

Posee un clima templado, pero en las zonas altas es un poco más lluvioso y frío, presenta vientos alisios sobre todo en la época seca. Cuando ocurre el fenómeno de La Niña las lluvias aumentan hasta un 75% anual, su época lluviosa va entre mayo y octubre (IMN, 2023).

#### **4.7.3 Hidrografía**

Su hidrología está compuesta por dos cuencas, la del río Pirrís, y sus afluentes de río la Dicha y quebrada Delicias, los cuales nacen del río Candelaria, este y los ríos Tigre y Tarbaca, se ubican en los distritos de La Legua y Tarbaca. Presentan una dirección de noreste a suroeste, de sureste a noreste y de norte a sur. Los ríos Candelaria, La Dicha, y Jorco, son límites cantonales entre Acosta, el río Tarrazú es límite entre Desamparados y la quebrada Las Delicias entre León Cortés (PCDHL, 2023).

La cuenca del río Grande de Tárcoles está conformada por los ríos Cañas, Suerre, Parruas, Guatuso y Poás ubicados en el distrito central. Presentan dirección de sur a norte y de suroeste a noreste. El río Guatuso en límite cantonal entre Desamparados y el río Poás es límite entre Alajuelita (PCDHL, 2023).

#### **4.7.4 Geomorfología**

Aserrí surgió en el periodo Cretácico hace aproximadamente 145 millones de años, siguió su formación en el periodo cuaternario hace 2.5 millones de años, hasta la actualidad. En términos geológicos está formado por rocas sedimentarias y de origen volcánico (PCDHL,2023).

#### **4.7.5 Geología**

El cantón está constituido principalmente por los materiales sedimentarios de los periodos de Cretácico, Terciario y Cuaternario, predominando las rocas del periodo Terciario (PCDHL,2023).

### **4.8 Construcción de la encuesta**

Para el desarrollo de la encuesta se consideró diferentes aspectos para relacionarlos al sector social y ambiental e identificar el tipo de tecnología apropiada. A continuación, se presenta los apartados de la herramienta:

#### **4.8.1 Sector social**

**Datos generales.** Los datos generales van a brindar una serie de información para conocer las características de la persona encuestada, como jefe (a) de hogar, edad, medio de comunicación y domicilio, este último dato fue importante para el mapeo de actores y así poder sectorizar la información.

### **4.9 Características socio-económicas**

#### **4.9.1 Índice de pobreza multidimensional**

Es una medición a nivel global, permite identificar las necesidades de la población en áreas como salud, trabajo, educación, entre otros, para definir el nivel de pobreza tanto en zonas urbanas como rurales, así, además, permite comparar los resultados entre zonas de la región, las diferentes zonas del país y a nivel global.

En Costa Rica el índice de pobreza multidimensional fue adaptado a las necesidades del País por el INEC, este compuesto por cinco factores: educación, vivienda y uso de internet, salud, trabajo y protección social. Enseguida se muestra la composición y distribución de estos.

**Condiciones de aseguramiento.** Permite conocer si las personas están afiliadas a CCSS y tienen algún servicio médico.

**Características de la vivienda.** Esta información permite identificar el estrato social del encuestado, además se conoce si tiene espacio libre o la cantidad de espacio que dispone para desarrollar una tecnología la cual se pueda desarrollar en dichas condiciones.

**Grado académico.** Este aspecto permite considerar y analizar el estrato social al que pertenece el núcleo familiar.

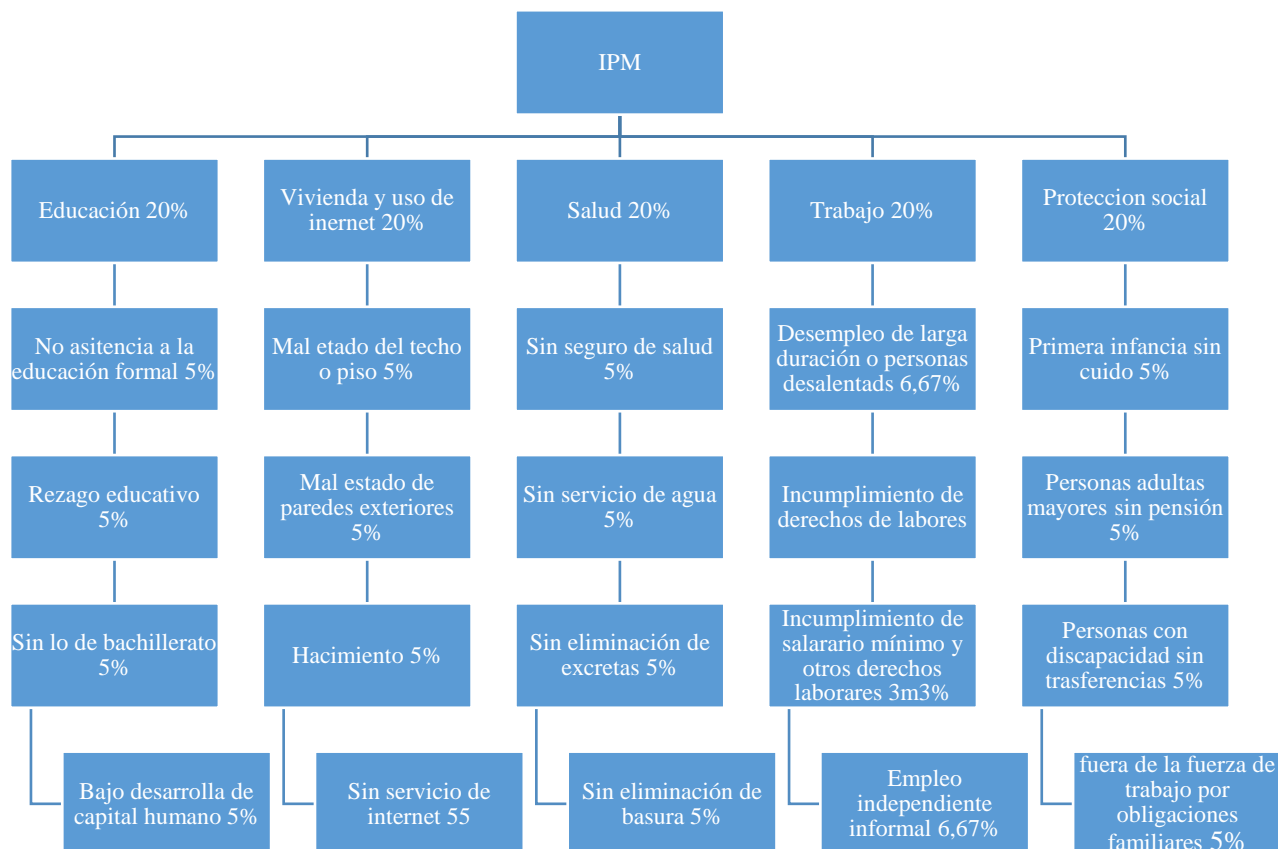
**Ingresos económicos.** Todas las tecnologías para el tratamiento de los residuos orgánicos tienen costos diferentes, por esta razón es importante conocer el nivel económico de las familias para recomendar la tecnología que mejor se adapte a cada necesidad.

**Línea de pobreza.** Es un umbral establecido para identificar los hogares que se clasifican como pobres o no, esto con base en la capacidad económica para abastecer las necesidades básicas como alimentación. El nivel de pobreza se clasifica en:

- Hogares en pobreza extrema: son los hogares que tienen un ingreso de ¢62 635 en la zona urbana y de ¢51 930 en zona rural, según INEC, 2023 se estima por el per cápita igual o inferior per cápita de la canasta básica.
- Hogares en pobreza no extrema: son los hogares que tienen un ingreso superior al monto definido en los hogares con pobreza extrema.
  - Hogares no pobres por la línea de pobreza: sus ingresos cubren las necesidades básica alimentarias y no alimentarias, para las zonas urbanas son los hogares que tienen un ingreso igual o mayor a ¢129 038 y en zona rural de ¢99 537 per cápita.

**Figura 2.**

*Composición de los indicadores del Índice de Pobreza Multidimensional (IPM)*



Fuente: ¿??

Como se observa en la figura 2, cada componente de los indicadores de índice de pobreza multidimensional se divide en cuatro clasificaciones cada una de ellas equivale a un porcentaje, el cual se debe considerar en los indicadores.

**Generación de residuos sólidos.** Estas preguntas están relacionadas con la cantidad y tipo de residuos que generan, si tienen conocimiento de cómo realizar la separación de los residuos, cómo disponen los residuos orgánicos, le dan algún tratamiento. Estas consultas van a permitir conocer el grado de conocimiento de la población sobre las diferentes tecnologías para el aprovechamiento de los residuos y a definir el tipo de guía más apropiada para la población.

**Recolección de residuos.** El objetivo es conocer los servicios de recolección según tipo de residuos que brinda la municipalidad y con qué frecuencia hacen la recolección.

**Capacitaciones.** Esta sección busca analizar el nivel de conocimiento que tiene la población sobre la correcta gestión y tratamiento de los residuos orgánicos, así como el medio de comunicación más influyente en la población.

## 5 Metodología

### 5.1 Alcance de Estudio

El alcance de la investigación fue identificar las tecnologías domiciliarias apropiadas para el tratamiento adecuado de los residuos orgánicos urbanos, en los siete distritos del cantón de Aserrí: Aserrí, Salitrillos, Tarbaca, San Gabriel, Vuelta de Jorco, Monterrey y Legua, contemplando los estratos sociales.

#### Cuadro 6.

*Población y viviendas por distrito del cantón Aserrí*

<b>Distrito</b>	<b>Total</b>	<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>	<b>N° de viviendas</b>
Aserrí	29 112	14 412	14 700	9874
Tarbaca	1 848	936	912	593
Vuelta de Jorco	7 348	3 641	3 707	2 667
San Gabriel	6 302	3 109	3193	2 481
Legua	1 649	774	775	574
Monterrey	508	253	255	202
Salitrillos	12 921	6 440	6481	4 459

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2022.

El cantón de Aserrí limita al este con Desamparados, al oeste con Acosta, al norte con Alajuelita y Desamparados, al sudeste con León Cortés, Tarrazú y Parrita, por su posición geográfica presenta zona urbana y rural, el cantón se caracteriza por ser montañoso donde se ubica

el Zona Protectora Carraigres y parte de la Zona Protectora Cerros de Escazú, no posee zona industrial y su mayor actividad económica es la agricultura y la ganadera.

## **5.2 Descripción del Proceso Metodológico**

### **5.2.1 Fase 1: Diagnosticar las Variables Socioambientales (objetivo específico 1)**

**Recopilación de Información Bibliográfica.** Por medio de información bibliográfica se recopiló datos sobre los problemas que enfrenta el cantón a nivel social para identificar los diferentes estratos sociales presentes en el cantón.

Se realizó una recopilación de información fundamentada en tipos de suelo, climatología, hidrografía y geomorfología que afectan al cantón. Se utilizaron fuentes de información como INEC de carácter social, económico y ambiental para determinar la cantidad de viviendas. Así como estudios elaborados por municipalidades, Plan Nacional de Compostaje, Plan Nacional de Descarbonización, Ministerio de Salud, e investigaciones publicadas para identificar las técnicas ambientales apropiadas en relación con la gestión de los residuos orgánicos.

**Construcción de la Encuesta.** Se realizó una encuesta tipo mixta con preguntas tanto abiertas como cerradas, se aplicaron de forma virtual y física, dividida en secciones contemplando temas como nivel de educación, datos de la vivienda, si poseen espacios al libres??? en la propiedad, coordenadas geográficas, tiempo libre, datos salario familiar , costumbres actuales de sobre la gestión de los residuos orgánicos domiciliarios, proporción de los residuos generados, disposición del entrevistado para realizar la separación de los residuos y conocimiento de técnicas de compostaje.

Se aplicó a 10 personas de una población con características similares a la población meta, por último, se realizó una revisión en conjunto con el comité para revisar y efectuar algún cambio si era necesario.

**Desarrollo de Estudio de Campo.** La población considerada fueron los habitantes de los siete distritos del cantón. Se aplicó un muestreo probabilístico por cada distrito, enumerando las viviendas y utilizando la aplicación de Randomizer para la selección de las muestras, se utilizó la

Metodología para Estudios de Generación y composición de los Residuos Sólidos Ordinarios, Decreto N° 37745-S, para definir el tamaño de la muestra aplicando la siguiente fórmula.

$$n_{viv} = \left[ \frac{Z^2 * N_{viv} * \delta^2}{(N_{viv} - 1) * e^2 + Z^2 * \delta^2} \right], \text{ donde, (SCIJ, 2013)}$$

$n_{viv}$  = número de viviendas que serán incluidas en el muestreo

$N_{viv}$  = número de viviendas por el área de estudio

$z$  = coeficiente de confianza al 95% = 1.96

$\delta$  = desviación estándar = 0.3 kg/hab/día

$E$  = error permisible = 0.05 kg/hab/día

Con el muestreo ejemplificado en el cuadro 7, se pretendió conocer los diferentes estratos sociales y la gestión de los residuos orgánicos en los domicilios, con el fin de identificar la tecnología apropiada según las características de la población (Sistema Costarricense de Información Jurídica, s. f.).

### Cuadro 7.

#### *Cálculo del número de muestra por distrito*

<p><b>Aserrí</b></p> $n_{viv} = \frac{1.96^2 * 9874 * 0.3^2}{(9874 - 1) * 0.05^2 + 1.96^2 * 0.3^2} = 136$ <p>La muestra se va a reducir 9 por ser una muestra exploratoria.</p>	<p><b>San Gabriel</b></p> $n_{viv} = \frac{1.96^2 * 2481 * 0.3^2}{(2481 - 1) * 0.05^2 + 1.96^2 * 0.3^2} = 131$ <p>La muestra se va a reducir 13 por ser una muestra exploratoria.</p>
<p><b>Tarbaca</b></p> $n_{viv} = \frac{1.96^2 * 593 * 0.3^2}{(593 - 1) * 0.05^2 + 1.96^2 * 0.3^2} = 113$ <p>La muestra se va a reducir 11 por ser una muestra exploratoria.</p>	<p><b>La Legua</b></p> $n_{viv} = \frac{1.96^2 * 574 * 0.3^2}{(574 - 1) * 0.05^2 + 1.96^2 * 0.3^2} = 116$ <p>La muestra se va a reducir 11 por ser una muestra exploratoria.</p>
<p><b>Vuelta de Jorco</b></p> $n_{viv} = \frac{1.96^2 * 2667 * 0.3^2}{(2667 - 1) * 0.05^2 + 1.96^2 * 0.3^2} = 131$	<p><b>Monterrey</b></p> $n_{viv} = \frac{1.96^2 * 202 * 0.3^2}{(202 - 1) * 0.05^2 + 1.96^2 * 0.3^2} = 86$

---

La muestra se va a reducir 13 por ser una muestra exploratoria.

La muestra se va a reducir 8 por ser una muestra exploratoria.

---

### Salitrillos

$$n_{viv} = \frac{1.96^2 * 4459 * 0.3^2}{(4459-1) * 0.05^2 + 1.96^2 * 0.3^2} = 134$$

La muestra se va a reducir 13 por ser una muestra exploratoria.

---

Para efectos del proyecto y por sus limitaciones se realizó una muestra exploratoria a un 10% de las viviendas debido a las siguientes razones:

- a. Recursos limitados: debido a los límites como tiempo, presupuesto y transporte, se realiza este tipo de muestra con el objetivo de tener una visión general del proyecto. Es un primer paso para recopilar información valiosa con los recursos disponibles.
- b. Factibilidad: con esta muestra se pretende realizar un acercamiento para evaluar la factibilidad ambiental para el tratamiento de los residuos orgánicos en el cantón de Aserrí.
- c. Estudio piloto: el estudio ayuda a detectar problemas y permite realizar ajustes para un estudio más riguroso (Feria et al., 2018).

**Caracterización de los Residuos Orgánicos.** Se realizó de acuerdo con la metodología del gobierno de Perú, donde a la población seleccionada se le entregó 16 bolsas, para residuos de jardinería provenientes de poda de árboles y áreas verdes y para los residuos que provienen de la preparación en la cocina como resto de alimentos, cascaras de frutas y verduras, huesos y similares (Ministerio de ambiente de Perú, s.f.). Estos fueron recolectados y pesados durante ocho días para obtener un promedio de los residuos generados basado en la propuesta del Dr. Kunitoshi Sakuirai (Paredes, 2022).

**Procesamiento de Datos y Análisis.** Los datos obtenidos en la encuesta se analizaron mediante la estadística descriptiva en forma de gráficas y tablas para identificar la tecnología ambiental según las características de la población.

**Generación de Mapas.** Como parte del análisis y la identificación de las áreas según sus características socioambientales, se realizó un mapeo de las diferentes zonas basado en los estratos presentes del cantón, con el fin de georreferenciar las tecnologías apropiadas para cada área, se utilizó un GPS Garmin. Para la generación de los mapas se emplea el Sistema de Información

Geográfica QGIS 3.14, con el objetivo de analizar la información recopilada y visualizar las áreas del cantón.

### ***5.2.2 Fase 2: Identificar las Diferentes Técnicas Apropriadas para la Gestión Adecuada de los Residuos Orgánicos (objetivo 2)***

Para cada tipo tecnología (compostaje en pila de volteo manual, compostera giratoria, lombricompost, takakura y digestión anaeróbica) se realizó un análisis de prefactibilidad mediante una matriz, considerando los siguientes factores:

- Técnico social: se contempló aspectos de infraestructura, características del lugar, cantidad de residuos generados, estado económico de la población, disponibilidad de tiempo y tipo de residuos generados. También se realizó un cuadro comparativo de las diferentes tecnologías para definir las técnicas más apropiadas.
- Económico: se consideró el costo de materiales, instrumentos, herramientas y operaciones para el desarrollo de la técnica. Además, se realizó el cálculo de retorno de inversión para identificar las tecnologías con mayor beneficio económico y efectividad de inversión (Delgado, A. et 2023).
- Ambiental: se analizaron los impactos positivos (cantidad de residuos gestionados, reducción de CO<sub>2</sub> equivalente) e impactos negativos ambientales (impacto de los materiales, emisión de efluentes), mediante una Matriz importancia de los impactos ambientales (MIIA). Esta matriz es establecida en el Decreto N°32966 para estudios de impactos ambientales y Pronósticos de Planes de Gestión Ambiental. Para obtener una valoración cualitativa para un estudio de impacto ambiental de cada técnica para determinar su viabilidad según la importancia del impacto positivo, negativo o neutro (SCIJ, 2006). Así mismo se realizaron los cálculos de la generación de emisiones de metano y óxido nitroso relacionado a la muestra de los residuos orgánicos, utilizando los factores de emisión de los gases de efecto invernadero (MINAE, et 2023).

Para complementar la información de esta sección se consultó información bibliográfica y las matrices se realizan en Excel.

### ***5.2.3 Fase 3: Propuesta de estrategias para el manejo de residuos orgánicos en los hogares basados en los resultados del objetivo 1 y 2 (objetivo 3)***

La propuesta consistió en un conjunto de guías prácticas sobre la aplicación de las distintas técnicas identificadas y las cuales responden a la caracterización de la población del cantón (i.e. estrato social). Esto constituye la presente propuesta, porque resume los requerimientos para la puesta en práctica de técnicas que mejoran el manejo de residuos orgánicos del cantón. Además, es una herramienta práctica, se puede utilizar para la sensibilización, concientización y educación ambiental.

Cada una de estas guías brinda una descripción detallada acerca de:

- a. Tipo de residuos orgánicos a utilizar según las diferentes técnicas.
- b. Características del lugar según las tecnologías aplicar.
- c. Materiales e instrumentos por utilizar según la técnica.
- d. Costos para el desarrollo de la técnica.
- e. Tiempo disponible para el desarrollo de la técnica.
- f. Beneficios ambientales, económicos y sociales.

Se desarrollaron cuatro guías, cada una se realizó de forma didáctica, donde indica el paso a paso de cómo desarrollar las técnicas, son de fácil divulgación y comprensión para los pobladores. Se utilizó como apoyo información bibliográfica y del municipio para la elaboración de estas guías.

## **6 Resultados**

### **6.1 Fase I**

Con los resultados de la encuesta se evidenció que el 64% de la población vive en zona rural y otro 36% vive en la zona urbana. Además, en el cuadro 8, se puede observar que el cantón tiene un alto nivel escolar, esto permite que la población puede acceder con mayor facilidad a diferentes recursos didácticos para enriquecer su conocimiento en la correcta gestión de los residuos orgánicos.

**Cuadro 8.**

*Indicadores de educación de la población estudiada en el cantón de Aserrí*

<b>Educación</b>					
<b>Distrito</b>	<b>Universidad completa</b>	<b>Universidad incompleta</b>	<b>Secundaria completa</b>	<b>Secundaria incompleta</b>	<b>Primaria completa</b>
<b>Aserrí</b>	39%	22%	28%	6%	6%
<b>Tarbaca</b>	86%	0%	0%	14%	0%
<b>Vuelta de Jorco</b>	75%	0%	0%	25%	0%
<b>San Gabriel</b>	6%	0%	20%	20%	0%
<b>Salitrillos</b>	33%	33%	17%	17%	0%

Fuente: Resultados de la encuesta, 2023.

En el cuadro 8 se evidencia que el distrito con mayor nivel de educación es Tarbaca, al contrario, San Gabriel presenta el menor grado de educación, Esto se debe considerar al desarrollar los temas de educación ambiental y buscar diferentes técnicas de aprendizaje para la población.

**Cuadro 9.**

*Indicadores de vivienda en la población estudiada*

<b>Distrito</b>	<b>Material</b>			<b>Servicios</b>			
	<b>Madera</b>	<b>Prefabricada</b>	<b>Liviano</b>	<b>Electricidad</b>	<b>Internet</b>	<b>Cable</b>	<b>Teléfono</b>
<b>Aserrí</b>	0%	0%	17%	94%	83%	55%	44%
<b>Tarbaca</b>	14%	14%	0%	100%	86%	86%	28%
<b>Vuelta de Jorco</b>	25%	0%	0%	100%	100%	100%	25%
<b>San Gabriel</b>	20%	0%	0%	100%	80%	40%	20%
<b>Salitrillos</b>	17%	0%	17%	100%	10%	83%	16%

Fuente. Resultados de la encuesta.

En el cuadro 9, con respecto a las viviendas, el 100 % se encuentra en buenas condiciones, 92.5% de las viviendas son propias, entre los materiales que predominan están el bloque y la madera, según la encuesta el total de las viviendas gozan de servicios básicos.

De acuerdo con los datos relacionados a la salud, todas las viviendas cuentan con baño completo, el 30% tiene un solo baño, el 32.5% dos baños, el 5% con dos y el 2.5 % con 4 sanitarios, así el total de la población cuenta con el servicio de recolección de residuos.

### **Cuadro 10.**

*Datos de asalariados y seguro social*

<b>Distrito</b>	<b>Trabajo</b>		<b>Protección social</b>
	<b>Asalariados</b>		<b>Seguro social</b>
	<b>&gt;129, 038</b>	<b>&lt;51,390</b>	
<b>Aserrí</b>	94%	5%	94%
<b>Tarbaca</b>	100%	0%	100%
<b>Vuelta de Jorco</b>	100%	0%	100%
<b>San Gabriel</b>	100%	0%	100%
<b>Salitrillos</b>	100%	0%	100%

El cuadro 10, denota que el 97.5% de la población está activamente en el ámbito laboral, con ingresos mayores a ¢129.038 colones, solamente el 2.5% recibe ingresos menores a ¢51.390 y no se encuentran asegurados.

De acuerdo con los datos analizados con el resultado de la encuesta, el cantón de Aserrí solamente presenta un 2.5% de la población en pobreza.

Según los resultados de la encuesta, el mayor porcentaje de vivienda es de tendencia propia y se encuentran en buen estado, también el 100 % cuenta con los servicios de agua potable y

electricidad, todas las viviendas cuentan con sanitarios y servicio de recolección de residuos cumpliendo Aquí falta completar la idea???

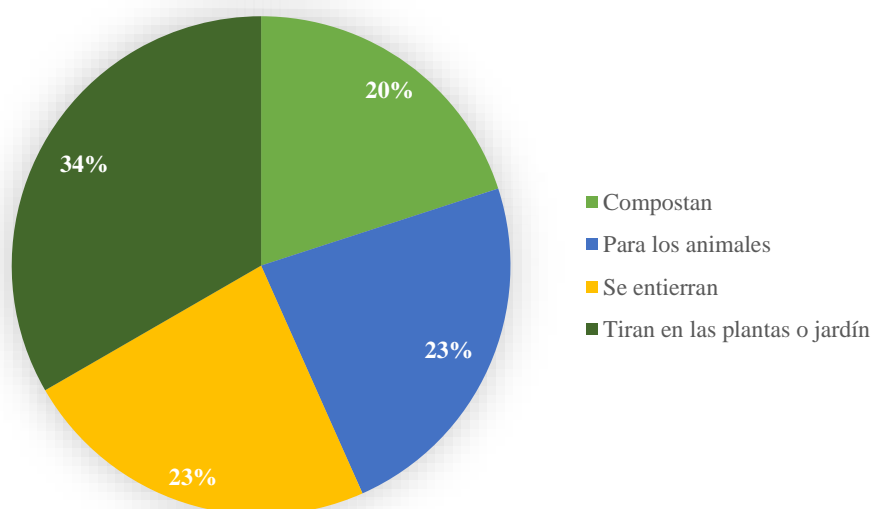
El 95 % de la población encuestada realiza la separación de residuos, solo 5 % expresa no saber cómo se realiza la separación de los residuos valorizables, donde se genera aproximadamente entre una a dos bolsas mediana de valorizables, los cuales son entregados al municipio para un adecuado manejo.

A diferencia de los valorizables, solamente el 52.5 % de la población separa los residuos orgánicos, esto por falta de conocimiento sobre cómo gestionar de forma adecuada este tipo de residuos.

Un porcentaje de la población separa los residuos orgánicos en cáscaras de frutas y verduras, alimentos cocinados y restos del jardín. Pero a pesar de tener conocimiento de que los residuos orgánicos son biodegradables y se pueden aprovechar para abonar el suelo, no fue posible comprobar si esas prácticas son las apropiadas. Enseguida se muestra las principales actividades efectuadas por los ciudadanos con los residuos.

### Figura 3.

*Disposición final de los residuos orgánicos.*



Según la encuesta se describe diferentes formas en como las personas disponen los residuos orgánicos, la figura 3 muestra entre las principales se destaca: el 20% lo agregan de forma directa

a las plantas, 23% lo entierran y lo utilizan como alimento para los animales y solo 20% lo compostan.

Si bien es cierto, estos residuos son biodegradables y se descomponen rápidamente, resulta esencial efectuar una correcta gestión y tratamientos de los residuos para evitar su oxidación y liberación de gases efecto invernadero como el metano a la atmósfera.

La falta de educación ambiental es otro aspecto importante el cual salió a relucir en el diagnóstico, por cuanto solamente el 20% de la población indicó haber recibido algún tipo de información acerca del correcto manejo de los residuos orgánicos, donde las principales fuentes de información han sido las redes sociales. Esto quiere decir que hay muy poca divulgación y capacitación por parte de las instituciones públicas.

Según los datos se identificó un porcentaje de la población quien tiene conocimiento sobre alguna técnica ambiental domiciliar, para el tratamiento de los residuos orgánicos, principalmente en el compostaje en compostera giratoria y compostaje en el suelo (pila de volteo).

### ***6.1.1 Mapeo***

Se realizó un mapeo de las familias encuestadas, con ayuda de un GPS se tomó las coordenadas geográficas para identificar en el mapa catastral de la municipalidad el número de finca de cada una, esto ayuda a ubicarse de una forma geográfica en el cantón (ver anexo 5).

### ***6.1.2 Caracterización de los residuos orgánicos***

Según el muestreo efectuado, se realizó la recolección de residuos orgánicos por una semana y se determina que el 86.85% de los residuos recolectados son cáscaras de frutas y de verduras, mientras solo el 13.14% proviene de los sobrantes de alimentos cocinados. En relación con los residuos orgánicos como huesos, no se obtuvieron muestras, pues las familias muestreadas indican esos residuos se los dan como alimento a los animales domésticos.

**Cuadro 11.***Clasificación de los residuos orgánicos recolectados*

<b>MUESTREO SEMANAL DE RESIDUOS ORGÁNICOS</b>						
<b>Familia</b>	<b>Núcleo familiar (n° personas)</b>	<b>Cáscaras</b>	<b>Alimentos Cocinados</b>	<b>Huesos</b>	<b>Total de RO</b>	<b>Generación de RO por persona</b>
		<b>(kg/sem)</b>				
<b>1</b>	3	2.81	1.35	0	4.16	1.39
<b>2</b>	3	3	0	0	3	1.00
<b>3</b>	3	7	1	0	8	2.67
<b>4</b>	2	4	0	0	4	2.00
<b>5</b>	4	1.2	0.76	0	1.96	0.49
<b>6</b>	3	3.2	0.75	0	3.95	1.32
<b>7</b>	4	1.75	0	0	1.75	0.44
<b>8</b>	4	1.11	0	0	1.11	0.28
<b>9</b>	3	8	0	0	8	2.67
<b>10</b>	2	3.3	1	0	4.3	2.15
<b>11</b>	3	2.5	0.3	0	2.8	0.93
<b>12</b>	3	3.5	0.5	0	4	1.33
<b>13</b>	4	2.2	0	0	2.2	0.55
<b>14</b>	4	3.7	0	0	3.7	0.93
<b>15</b>	3	3.1	1	0	4.1	1.37
<b>16</b>	2	1.9	0	0	1.9	0.95
<b>17</b>	3	2.9	0.7	0	3.6	1.20
<b>18</b>	3	2.6	0.8	0	3.4	1.13
<b>19</b>	4	3	0.6	0	3.6	0.90
<b>20</b>	5	3.7	1	0	4.7	0.94
<b>PROMEDIO</b>	<b>3.25</b>	<b>3.22</b>	<b>0.49</b>	<b>0.00</b>	<b>3.71</b>	<b>1.23</b>

Fuente. Resultados del muestro de residuos orgánicos en las viviendas, 2023.

Según el análisis realizado del cuadro 11, aproximadamente una persona en promedio genera 1.23 kg de residuos orgánicos a la semana, esto equivale a 0.17 kg/persona/día. Los resultados demostraron que existe un promedio de tres personas por núcleo familiar, siendo así se generaría aproximadamente 14.77 kg por mes de residuos orgánicos en cada familia, lo cual equivaldría a 8.86 kg al mes de abono orgánico como se denota en el cuadro 12. Esto se debe a la reducción de un 40% aproximadamente que tienen los residuos orgánicos al compostarse. El muestreo realizado indica que el 87% de los residuos orgánicos son de frutas y verduras, por lo tanto, se puede desarrollar cualquier tipo de tecnologías domiciliarias.

## Cuadro 12.

### *Producción de abono orgánico*

Promedio de núcleo familiar	Residuos orgánicos (kg/sem)	Residuos orgánicos (kg/mes)	Generación de abono orgánico (kg/mes)
3	1.23	14.77	8.86

## 6.2 Fase II

Se realizó un análisis de prefactibilidad para definir las tecnologías domiciliarias apropiadas, según las características de la población de Aserri, el cual consta de los siguientes factores.

### *6.2.1 Análisis económico*

Se consultó en diferentes fuentes bibliográficas para realizar un estudio de mercado de costos de las diferentes tecnologías domiciliarias. La técnica de menor costo económico es la pila de volteo manual, seguida de takakura, compostaje horizontal, compostera giratoria, lombricompost y digestión anaeróbica, siendo esta última la tecnología de mayor valor económico.

**Cuadro 13.***Análisis de prefactibilidad económico de las tecnologías ambientales domiciliarias*

<b>Tecnología para</b>	<b>Precio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Total de</b>
<b>compostaje</b>					<b>inversión por</b>
<b>doméstico</b>					<b>tecnología</b>
<i>Pilas de volteo manual</i>					
<b>Pala</b>	€6 250	1	€6 250	EPA	€6 250
<i>Takakura</i>					
<b>Caja de madera</b>	€39 000	1	€39 000	360 Soluciones verdes	€39 000
<b>Caja de madera</b>	€40 000	1	€40 000	EcoLur	€40 000
<b>Caja de plástico</b>	€24 000	1	€24 000	360 Soluciones verdes	€24 000
<i>Compostaje en compostera giratoria</i>					
<b>Compostera giratoria KS-100</b>	€69 900	1	€69 900	360 Soluciones verdes	€69 900
<b>Compostera giratoria</b>	€69 955	1	€69 955	Biofutura	€69 955
<i>Compostaje horizontal</i>					
<b>Barril</b>	€35 950	1	€35 950	EPA	€43 295
<b>Aireador de compost</b>	€7 345	1	€7 345		
<i>Lombricompost en cubeta de plástico</i>					

<b>kilo de lombriz californiana</b>	¢19 490	1	¢19 490	Huerto orgánico	¢86 685
<b>Aireadir de compost</b>	¢7 345	1	¢7 345		
<b>Vernicompostera de plástico</b>	¢59 850	1	¢59 850		
<b>Lombricompost en pila</b>					
<b>kilo de lombriz californiana</b>	¢19 490	1	¢19 490	EPA	¢78 565
<b>Aireadir de compost</b>	¢7 345	1	¢7 345		
<b>Block</b>	¢460	50	¢23 000		
<b>Concremix (25kg)</b>	¢2 645	4	¢10 580		
<b>Varilla de construcción (3/8)</b>	¢1 050	3	¢3 150		
<b>Recurso humano</b>	¢5 000	3	¢15 000		
<b><i>Digestión anaeróbica</i></b>					
<b>Biodigestor</b>	¢666 537	1	¢666 537	Homebiogas	¢666 537

*Nota: los precios corresponden al primer semestre del 2024.*

Al comparar las tecnologías descritas en el cuadro 13, la digestión anaeróbica y de lombricompost con las diferentes técnicas de compostaje como pila de volteo, katakura y compostera giratoria, se puede decir que en estas tres técnicas la inversión es baja o media y no se requiere otro material o equipo, solamente el recipiente para generar abono.

Como se muestra en el cuadro 14 la tecnología con mayor retorno de inversión es la pila de volteo manual, esto se debe a que la inversión es de bajo costo, por lo tanto, se logra recuperar y obtener ganancias en el lapso del año. Las otras técnicas como la takakura en caja de madera y en caja plástica, así como la compostera en barril, en el periodo de un año se logra recupera la inversión realizada, al contrario de compostera giratoria, lombricompost y digestión anaeróbica donde no se logra recuperar la inversión realizada en un año.

**Cuadro 14.***Retorno de inversión en las tecnologías domiciliarias*

<b>Tecnología para compostaje doméstico</b>	<b>Total de inversión por tecnología</b>	<b>Retorno de inversión anual</b>
<i>Pilas de volteo manual</i>	¢6 250	¢51 142
<i>Takakura</i>		
<b>Caja de madera</b>	¢39 000	¢18 392
<b>Caja de plástico</b>	¢24 000	¢17 392
<i>Compostaje en compostera giratoria</i>		
<b>Compostera giratoria KS-100</b>	¢69 900	-¢11 608
<b>Compostera giratoria</b>	¢69 955	-¢12 563
<i>Compostaje horizontal</i>	¢43 295	¢14 097
<i>Lombricompost en cubeta de plástico</i>	¢86 685	-¢29 293
<b>Lombricompost en pila</b>	¢78 565	-¢21 173
<i>Digestión anaeróbica</i>	¢666 537	-¢609 145

*Nota: Ver memoria de cálculo anexo 10.4***6.2.2 Análisis técnico**

Se realizó un análisis técnico para determinar los requerimientos de cada tecnología ambiental domiciliar, considerando los factores de infraestructura, características del lugar, costo económico, capacidad y tipo de residuos por tratar.

Cuadro 15.

Análisis técnico de las tecnologías ambientales domiciliarias

<i>Análisis técnico de prefactibilidad</i>							
<i>Factores</i>	<i>Tecnologías</i>						
	<i>Pilas de volteo manual</i>	<i>Takakura en caja de madera</i>	<i>Takakura en caja de plástico</i>	<i>Compostaje en compostera giratoria</i>	<i>Lombricompost en vermicompostera</i>	<i>Lombricompost en pila</i>	<i>Digestión anaeróbica</i>
Infraestructura	No requiere	Caja de madera : 64 L, 54cm largo, 40cm ancho, 30cm alto	Caja de plástico : 60L, 53cm largo, 37cm ancho, 32cm alto	Recipiente de prolipropileno: 160L, 70cm largo, 66cm ancho, 90cm alto	3 Cubeta plásticas: 33cm de ancho por 100cm de alto	Pila de cemento de 3m largo, 1m ancho, 40cm alto	Biodigestor
Características del lugar	Suelo	Techado	Techado	Techado	Techado	Techado	Techado
		Superficie de 54cm largo,	Superficie de 53cm largo,	Superficie de 70cm largo, 66cm	Superficie de 33cm de ancho por	Superficie de 3m largo, 1m	Superficie de 210cm

		40cm ancho, 30cm alto	37cm ancho, 32cm alto	ancho, 90cm alto	100cm de alto	ancho, 40cm alto	largo, 115cm ancho, 130cm alto
Costo económico	Bajo	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy alto
Tiempo (por día)	15- 30mi n	15 min	15 min	5-15min	5-15min	15-30min	5- 10min
Capacidad de la estructura asignada por la familia (semanal)	Sin límite	1-3 kg	1-3kg	10 - 11kg	2 kg	Sin límite	14kg aliment os cocinad os y 112 kg estiérco l

<b>Tipo de residuos orgánicos</b>	<i>Todo</i>	<i>Cáscaras de frutas y verduras, cáscaras de huevo, cáscaras de bosorola del café, bolsitas de té, resto de alimentos cocinados, papel y resto de jardinería</i>	<i>Cáscaras de frutas y verduras, cáscaras de huevo, cáscaras de bosorola del café, bolsitas de té, resto de alimentos cocinados, papel y resto de jardinería</i>	<i>Cáscaras de frutas y verduras, cáscaras de huevo, bosorola del café, bolsitas de té, resto de jardinería</i>	<i>Cáscaras de frutas y verduras, cáscaras de huevo, bosorola del café, bolsitas de té, papel y resto de jardinería</i>	<i>Cáscaras de frutas y verduras, cáscaras de huevo, bosorola del café, bolsitas de té, papel y resto de jardinería</i>	<i>Todos</i>
-----------------------------------	-------------	---	---	---	---	---	--------------

En el cuadro 15, el análisis técnico se determina: la única tecnología que no requiere infraestructura es la pila de volteo manual, no demanda una superficie techada, pues se puede realizar al aire libre, aun así es importante considerar en la época de invierno algún material para cubrir el compost y evitar el exceso de humedad, así como un tipo sarán para protección de vectores, tiene un bajo costo económico, la cantidad de residuos orgánicos es sin límite, además,

es posible agregar todo tipo de residuos orgánicos y el volteo se puede realizar de forma manual con una pala.

Según se muestra en el cuadro 16, las demás tecnologías sí requieren de una infraestructura definida, debe ser un lugar bajo techo, con una superficie definida de acuerdo con las características de cada técnica, poseen un mayor costo económico, así como mayor tiempo para el desarrollo de la técnica.

Otro aspecto por considerar es que en la técnica de takakura, compostera giratoria y especialmente en lombricompost, no se puede agregar toda clase de residuos orgánicos, esto se debe a existir residuos como los cítricos que, al agregarlos en mayor cantidad aumentan el pH y puede afectar el equilibrio para el desarrollo de la vida microbiana y de las lombrices (Camelo, M. Chacón, I, et. 2023). En cambio, en las pilas de volteo manual y en la digestión anaeróbica es posible agregar todo tipo de residuos orgánicos.

Los sistemas de compostaje poseen diferentes tiempos de cosecha, esto depende de la capacidad de tratamiento de cada sistema. En el caso de las tecnologías con capacidad reducida la técnica de takakura es la más eficiente, produciendo la cosecha en tan solo 30 días (Gómez, R y Tanca, J. 2022). Si se compara la pila de volteo manual con el lombricompostaje, se puede observar en el cuadro 16 que la técnica de lombricompost es más eficiente en la generación de abono orgánicos, esto se debe a que la población de las lombrices crece rápidamente por ende acelera el consumo de residuos orgánicos (Röben, E. 2002).

### **Cuadro 16.**

*Tiempo de cosecha de abono orgánico*

<b>Tecnología</b>	<b>Tiempo de cosecha</b>
Pila de volteo manual	6 meses
Lombricultura	3 a 6 meses
Takakura	30 días

**Fuente:** Alternativa sustentable (takakura) para la minimización de residuos orgánicos en la finca Saltos, cantón Salitre, Ecuador (Gómez, R y Tanca, J. 2022). Y Manual de compostaje para municipios (Röben, E. 2002).

Al realizar una comparación en el cuadro 17, de las tecnologías domiciliarias en los sistemas abiertos, posee mayor beneficio por su bajo costo y fácil manipulación la técnica de volteo, pues no tiene requiere infraestructura y puede agregar todo tipo de residuo orgánico, pero el tiempo de cosecho es el más lento, en cambio la técnica de takakura es la más eficaz al generar abono, como limitante se debe de agregar una solución de fermentaciones para evitar la putrefacción. (Mejía, E. y Ramos, S. 2019). En el caso del lombricompostaje produce humos de alta calidad, pero su costo económico es alto, además, cada vez la demanda de residuos orgánicos va a ser mayor por la reproducción de las lombrices (Mejía, E. y Ramos, S. 2019).

### **Cuadro 17.**

*Comparación de sistemas abiertos de compostaje*

<b>Tipo de compostaje</b>	<b>Pila de volteo manual</b>	<b>Takakura en caja de madera y caja de plástico</b>	<b>Lombricompostaje</b>
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cantidad de residuos indefinida.</li> <li>-Bajo costo de inversión.</li> <li>-Se adapta fácilmente a las variaciones de producción.</li> <li>-Se puede agregar cualquier tipo de residuos orgánico.</li> <li>-Se puede realizar en cualquier espacio.</li> <li>-No requiere instalaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se puede colocar en espacios pequeños.</li> <li>-Es fácil de trasladar.</li> <li>-Es un proceso rápido en degradación (Gómez, R y Tanca, J. 2022)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tiene mayor capacidad para tratamiento de los residuos.</li> <li>-El humus es rico en minerales, microorganismo y enzimas.</li> <li>-El humus es de alta calidad.</li> </ul>

Desventajas	-La maduración de compostaje depende del clima.	-No se puede agregar cítricos. (Mejía, E. y Ramos, S. 2019)	-Debe estar bajo techo. - No debe bajar el nivel de humedad.
	-Mayor complejidad al control de olores.	-La aireación se debe realizar manual.	-La temperatura debe estar entre 4-30°C.
	- La aireación se debe realizar manual.	-Se debe voltear todos los días.	- Tolera levemente la acidez.
	-Puede presentar mayor deshidratación.	- Capacidad limitada para agregar residuos orgánicos.	- Los residuos orgánicos no deben estar descompuestos.
	-Los roedores o vectores pueden llegar con mayor facilidad. (Mejía, E. y Ramos, S. 2019).	-Se debe agregar microorganismos fermentativos para evitar la putrefacción.	-Es una alta inversión. -No debe faltar residuos para alimentar las lombrices.
		-Falta de oxigenación puede provocar putrefacción (Mejía, E. y Ramos, S. 2019)	-Las altas temperaturas pueden paralizar la actividad del vernicompost.
			-Residuos altos en acidez.
			-Depredadores como aves y hormigas.
			(Mejía, E. y Ramos, S. 2019)

En relación con el cuadro 18, los sistemas cerrados de compostaje, a pesar de que la generación de biogás es un subproducto que reduciría el consumo de combustibles fósiles, su implementación es una de las técnicas con mayor valor económicos, pues requiere un equipo adecuado para su producción, almacenamiento y traslado como fuente de energía, así también, una alta demanda de residuos orgánicos. En cambio, la compostera giratoria es una herramienta que, a pesar de tener

una capacidad limitada, facilita el proceso de compostaje y de aireación, tiene un costo medio, además de mejor presencia escénica.

### **Cuadro 18.**

#### *Comparación en sistemas cerrados de compostaje*

<b>Tipo de compostaje</b>	<b>Compostaje giratoria</b>	<b>Digestión anaeróbica</b>
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Control de olores</li> <li>-Facilidad de volteo</li> <li>-Se puede colocar en espacios reducidos.</li> <li>- Evita vectores.</li> <li>-Tiene mejor estética (Richmond, 2023).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se obtiene gas natural.</li> <li>- Se puede agregar todo tipo de residuos orgánicos, hasta heces de animales.</li> <li>-Reduce el consumo de combustibles fósiles.</li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Costo medio</li> <li>-Cantidad de residuos limitados.</li> <li>-Limitación con los residuos altos en acidez (Mejía, E. y Ramos, S. 2019).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Costo elevado.</li> <li>- Requiere mantenimiento.</li> <li>-Se necesita grandes cantidades de residuos orgánicos.</li> <li>- La producción se ve afectadas por los climas fríos (Mamani, J. Llumipanta, F. et. 2021).</li> </ul>

### **6.2.3 Análisis ambiental**

Para este análisis en el cuadro 19, se realizó el cálculo de emisiones de gases efecto invernadero sobre el factor de emisión del metano y óxido nitroso, al disponer los residuos en el relleno sanitario en comparación al aplicar la técnica del compostaje como tratamiento de los

residuos orgánicos. Se calcula con base en los resultados del muestreo, donde un núcleo familiar de tres personas genera 14,76 kg de residuos orgánicos al mes, el cual se muestra a continuación.

### Cuadro 19.

*Cálculo de emisiones gases efecto invernadero*

Tipo de tratamiento	Factor de emisión	Kilogramos promedio de residuos en Aserri	Total de emisiones (kg)	
<b>Relleno sanitario</b>	CH <sub>4</sub> (kg CH <sub>4</sub> /kg residuos)	0.0519	14.76	0.766
<b>Compost</b>	CH <sub>4</sub> (kg CH <sub>4</sub> /kg residuos)	0.004	14.76	0.059
	N <sub>2</sub> O(kg N <sub>2</sub> O/kg residuos)	0.024		0.354

*Nota: Esta tabla muestra el factor de emisión de metano CH<sub>4</sub> y óxido nitroso N<sub>2</sub>O (MINAE, IMN, et 2023)*

Como se observa en el cuadro 19, los 14.76kg de residuos orgánicos que se genera al mes y no sean gestionados de manera adecuada, producen 0.766kg de metano, emisiones de gases de invernadero al mes, pero si a esa cantidad de residuos se les da un tratamiento adecuado con una tecnología para que sean compostados, solo se genera 0.059kg de metano, por lo tanto, las emisiones de gases efecto invernadero disminuyen 0.707kg metano mensuales de emisiones de gases de efecto invernadero.

Además, se realizó una matriz de evaluación de impacto ambiental de cada tecnología domiciliar, para determinar el grado de afectación que puede generar cada técnica con su implantación (ver anexo).

Con la matriz de evaluación de impacto ambiental de la tecnología de pila de volteo manual, se determinó en relación con la generación de residuos orgánicos presenta una probabilidad irrelevante o muy baja en la generación de malos olores, en cambio el caso de aprovechamiento de los residuos es alto, pues se le puede agregar cualquier tipo de residuo orgánico. Para el desarrollo de esta técnica el consumo de agua es irrelevante. Además, se obtiene beneficios ambientales como la disminución de consumo de los recursos naturales, uso de agroquímicos y el aumento de la fertilidad del suelo.

En relación con análisis de la matriz de evaluación de impacto ambiental de la tecnología de takakura, se determinó impactos negativos irrelevantes: consumo de energía para el desarrollo de la técnica, no se puede tratar los residuos orgánicos altos en acidez, si no se emplea de manera adecuada es más vulnerable a la generación de malos olores, genera consumo de agua para preparar los fermentos. También se analizó impactos positivos, entre ellos: aporta altos niveles de nutrientes al suelo, por ende, aumenta su vida microbiana, además disminuye el uso de agroquímicos.

En el caso de la técnica de compostura giratoria, mediante el diagnóstico realizado con la matriz de evaluación de impacto ambiental se identificó impactos negativos relevantes como: se requiere el uso de energía y recursos naturales para la creación de la compostera, por ende, provoca un agotamiento de los recursos naturales, los residuos altos en acidez se deben de tratar con limitaciones, Además, se identificó impactos positivos: evita malos olores, el abono orgánico generado es rico en nutrientes aumentado la fertilidad del suelo.

En relación con el análisis de la matriz de evaluación de impacto ambiental de la técnica de lombricompostaje, se determinó como impactos negativos el movimiento de la capa vegetal para la construcción de la pileta, alterando las características del suelo, además contribuye al agotamiento de los recursos naturales debido a los materiales que se requiere para construcción de la infraestructura, también puede atraer vectores. Así, se analizó los impactos positivos: no genera malos olores, se puede tratar una mayor cantidad de residuos orgánicos debido a las características de las lombrices, genera un humus alto en nutrientes y, en consecuencia, se puede utilizar como abono en los cultivos.

En el caso de la digestión anaeróbica los impactos negativos analizados son de mayor consideración, por cuanto requiere movimiento de tierra si el terreno no es plano, esto conlleva a retiro de la capa vegetal y alteración de las características del suelo, también requiere mayor

consumo de agua para su funcionamiento. Entre los impactos positivos analizados, existe mayor control de olores y de vectores, genera biogás, el cual puede ser utilizado para las actividades domésticas.

### **6.3 Fase III**

De acuerdo con los resultados de la fase I y II, se seleccionó cuatro tecnologías domiciliarias, las más apropiadas para la población del cantón de Aserrí.

En primera instancia la pila de volteo manual, esta técnica tiene el menor costo económico, por lo tanto, el retorno de inversión mayor además es muy versátil y sencillo, se puede realizar en el suelo o en un planché, bajo techo o sin techo, además se puede agregar todo tipo de residuos orgánicos y no tiene límite de capacidad. Tiene el menor impacto ambiental, pues por su naturaleza no requiere infraestructura adicional, solamente una pala para realizar el volteo. El tiempo de atención es de aproximadamente 15 minutos diarios.

En segundo lugar, se seleccionó la técnica de takakura, tiene un costo más elevado que la anterior, pero está dentro del rango de costos bajos, es muy eficaz para la producción de abono orgánico, la cosecha se realiza en 30 días, eso permite tratar mayor cantidad de residuos orgánicos en menor tiempo, puede colocarse en cualquier lugar bajo techo, bien sea grande o pequeño, la aireación es más sencilla debido a la menor cantidad de residuos y se requiere aproximadamente 15 min diarios para airear el compost.

Como tercera opción está el compostaje en compostera giratoria, a pesar de tener un costo moderado, su tómbola giratoria permite con mayor facilidad airear de manera adecuada el compost, para evitar la putrefacción y oxigenar los microorganismos, aporta belleza escénica al lugar, pues los residuos no se observan a simple vista, evita los roedores lleguen a sustraer alimento debido a su estructura, hay mayor control de olores, si es una compostera con dos cámaras permite la maduración del compost en una, mientras en la otra se va agregando los residuos para iniciar de nuevo el proceso de compostaje. Es portátil y debido a su tamaño se puede colocar en cualquier lugar, se requiere solamente entre 5 a 15 minutos al día.

Además, el lombricompostaje es una técnica que permite aumentar la cantidad de residuos orgánicos por tratar, esto se debe a la multiplicación de las lombrices californianas, las cuales pueden comer hasta un 60% de su peso. Anexo 12, 13, 14 y 15.

Para cada una de estas técnicas se creó una guía con el paso a paso del tratamiento y aprovechamiento de los residuos orgánicos.

## 7 Conclusiones

- a. Con base en la información bibliográfica se mostró que de los siete distritos del cantón, cuatro tienen un índice de desarrollo social bajo, dos un índice medio y uno está con un índice muy bajo. Por lo tanto, Aserrí tiene un desarrollo social bajo, a pesar de estas condiciones la mayor parte de la población cuenta con servicios básicos y al 92% se le brinda el servicio de recolección de residuos.
- b. En el diagnóstico inicial se reveló que más del 60% de la población encuestada pertenece a la zona rural, ello facilita el desarrollo de técnicas no apropiadas para la disposición de los residuos orgánicos. Además, la municipalidad no brinda el servicio de recolección diferenciado de estos residuos, eso potencia aún más las inadecuadas prácticas.
- c. La falta de educación ambiental es uno de los desafíos más importantes que tiene la Municipalidad de Aserrí, según los encuestados no han recibido talleres ni capacitación por parte de las instituciones, esto significa que las empresas e instituciones están un poco ausentes en temas relacionados con educación ambiental, en relación con la correcta gestión de los residuos orgánicos. Lo anterior lleva a que la Municipalidad planifique e involucre dentro de sus proyectos temas concernientes al aprendizaje, en función del desarrollo de tecnologías domiciliarias apropiadas para la gestión de los residuos orgánicos.
- d. Al impulsar estas técnicas, la municipalidad estaría reduciendo aproximadamente el 52% de CH<sub>4</sub>, generado en el cantón por la disposición de los residuos sólidos en el relleno sanitario.
- e. En la fase II se determinó que: las tecnologías de pila de volteo manual, takakura y compostaje en compostera giratoria, tienen mejor resultado a nivel ambiental, económico y técnico. Por lo cual, las condiciones climáticas del cantón no presentan inconvenientes para desarrollar cualquiera de las técnicas.

- f. Con base en los resultados de la encuesta, la mayor parte de la población está activa laboralmente, por lo tanto, disponen de poco tiempo para tratar de manera adecuada los residuos orgánicos, por esa razón, el compostaje en compostera giratoria es la técnica que cumple con las expectativas de esta población.
- g. Por otro lado, la población presentó interés en conocer estas tecnologías y están anuentes a recibir charlas, talleres y capacitaciones para implementar las tecnologías.
- h. Se elaboró cuatro guías con las tecnologías seleccionadas, dichas guías son un paso a paso de cómo tratar los residuos orgánicos para elaborar abono orgánico, además del análisis de costos, con el fin de que las personas puedan desarrollar la técnica que mejor se adapte a sus condiciones.

## **8 Recomendaciones**

### **8.1 A nivel municipal**

- a. Desarrollar talleres y charlas sobre la importancia de gestión integral de los residuos orgánicos.
- b. Desarrollar proyectos donde se involucre a la población en el desarrollo de nuevas tecnologías y el aprovechamiento de estos residuos.
- c. Incentivar la elaboración de compostaje facilitando y aplicando las guías desarrolladas en este proyecto.
- d. Crear alianzas público-privadas para el desarrollo de proyectos de compostaje y así involucrar a la mayor cantidad de la población.

### **8.2 A nivel social**

- a. Solicitar capacitación en temas relacionados con la correcta gestión de los residuos orgánicos al municipio.
- b. Crear grupos organizados para desarrollar espacios comunales donde tratar los residuos orgánicos y así crear huertas comunitarias.
- c. Solicitar colaboración a las entidades privadas para desarrollar acciones con el tratamiento de los residuos orgánicos.

### **8.3 A nivel del sector privado**

- a. Desarrollar proyectos para gestión adecuada de los residuos orgánicos que involucren a la población, como parte de los programas de responsabilidad social empresarial.
- b.** Aplicar las técnicas de compostaje para reducir el impacto ambiental generado por la organización.

## 9 Referencias

- Banco Mundial. *Un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. (05 de junio del 2023). <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>
- Bermúdez, P. Bertsch, F. López, T. Leiva, Y. Salvador, J. Flores, M. Cubero, J. Brenes, L. Jiménez, M. Castro, D. I Plan Nacional de Compostaje 2020-2050. [Archivo PDF] <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2021/05/Plan-Nacional-de-Compostaje-2020-2050.pdf>
- Brown, O. y Gil, R. E. (2003). Tecnologías limpias aplicadas a la agricultura. *Interciencia*, 28(5), 252-259. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0378-18442003000500002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0378-18442003000500002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Chaves, R. Campos, R. Brenes, L. Jiménez, M. Chaves, R. Campos R. Brenes, L. y Jiménez, M. (2019). Compostaje de residuos sólidos biodegradables del restaurante institucional del Tecnológico de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 32(1), 39-53. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i1.4117>
- Córdoba, S. S. (2019). Gestión de los residuos sólidos en Costa Rica. *Estado de la nación*. [https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/7818/Soto\\_%202019\\_Gestion\\_Residuos.pdf?sequence=1](https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/7818/Soto_%202019_Gestion_Residuos.pdf?sequence=1)

Delgado, A. Elizabeth, G. Prado, B. y Elfer, D. (2023). *Recursos financieros y el retorno de la inversión en la empresa Termocmex Ingenieros SRL, en la ciudad de Cajamarca.*

Universidad Privada Antonio Guillermo Urello.

<http://65.111.187.205/bitstream/handle/UPAGU/3258/TESIS%20-10-2023%20con%20Plasgcan.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Docampo, R (2013). *Compostaje y Compost.* Revista INIA [Archivo PDF]

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1839/1/128221231213112259.pdf>

Escudero González, C. A. Casas Jiménez, P. M. Martínez-Guerrero, T. Z. Ramírez-Barroso, C.

Gutiérrez Ortega, D. N. L. Ramos-Ramírez, D. E. y Gutiérrez-Vargas, S. (s. f.). Estudio comparativo de la factibilidad técnica de la producción de biogás a partir residuos de la técnica de cama profunda en la producción intensiva de la engorda de cerdos. 10, 3-12.

<http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/6460/1/Estudio%20comparativo%20de%20la%20factibilidad%20t%C3%A9cnica%20de%20la%20producci%C3%B3n%20de%20biog%C3%A1s%20a%20partir%20residuos%20de%20la%20t%C3%A9cnica%20de%20cama%20profunda%20en%20la%20producci%C3%B3n%20intensiva%20de%20la%20engorda%20de%20cerdos.pdf>

Estadísticas Demográficas. (25 de mayo de 2023). INEC. *Estadística demográfica*

<https://inec.cr/estadisticas-fuentes/estadisticas-demograficas>

Feria, H. Blanco, M. y Valledor, R. (2019). *La dimensión metodológica del diseño de la investigación científica.* Editorial Académica Universitaria.

<http://edacunob.ult.edu.cu/bitstream/123456789/90/1/La%20dimensi%C3%B3n%20meto>

dol% c3% b3gica% 20del% 20dise% c3% b1o% 20de% 20la% 20investigaci% c3% b3n% 20cient% c3% adfica.pdf

Gómez, R. y Tanca, J. (2022). *Alternativa sustentable (takakura) para la minimización de residuos orgánicos en la finca Saltos, cantón Salitre, Ecuador*. [Archivo PDF]

<https://pdfs.semanticscholar.org/a2af/6681ee3130530de599f9ba62416d983bfc18.pdf>

Instituto Meteorológico Nacional (06 de julio del 2023). Región Central.

<https://www.imn.ac.cr/documents/10179/31165/Clima+Valle+Central/9b5f5941-3708-4d18-991f-ada9cf795864>

Instituto Mixto de Ayuda Social. (2021). Plan nacional para la superación de la pobreza e inclusión social 2022-2030. [Archivo PDF]

<https://www.imas.go.cr/sites/default/files/content/Plan%20Nacional%20superacion%20de%20la%20pobreza%20e%20inclusion%20social%202022-2030.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (Ed.). (2022). Tabulados. Resultados Estimación de Población y Vivienda

2022.[https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fadmin.inec.c](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fadmin.inec.cr%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2023-)

[r%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2023-11%2FreResultadosEstimacionPoblacionVivienda2022\\_3.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fadmin.inec.cr%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2023-11%2FreResultadosEstimacionPoblacionVivienda2022_3.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK)

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2023). Encuesta Nacional de Hogares Julio 2023. Resultados Generales. [Archivo PDF]

<https://inec.cr/tematicas/listado?topics=88%252C703>

- Mamani, J. Llumipanta, F. Ramos, S. Rea, J. Alucho, J. Saltos, D. Llanos, F. Jácome, C. (2021). *Sistemas de producción de biogás: fundamentado, técnicas de mejora, ventajas y desventajas*. [Archivo PDF] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085155>
- Mejía, E y Ramos, S. (2019). *Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en la empresa pública municipal Mancomunada de aseo de los Cantones de colta, Alausi y Guamate, mediante tratamientos biológicos, compostaje, cocompostaje, vernicompostaje y takakura*. [Proyecto técnico].  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10799/1/236T0430.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (2020). *Datos generales de la agencia de extensión agropecuaria de Aserri*. [Archivo PDF]  
[https://www.mag.go.cr/regiones/central\\_sur/Caracterizacion-AEA-Aserri.pdf](https://www.mag.go.cr/regiones/central_sur/Caracterizacion-AEA-Aserri.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional, Instituto Costarricense de Electricidad, Laboratorio Costarricense de Metrología (2023). *Factores de emisión de gases de efecto invernadero*. 13ª Edición. [Archivo PDF]  
<http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/factoresemission/factoresemission2023/FactoresEmision-GEI-2023.pdf>
- Ministerio del Ambiente de Perú (s.f.). *Guía metodológica para el desarrollo del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales (EC-RSM)*. [Archivo PDF]  
<https://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302182233.pdf>
- Ministerio de Salud (2016). *Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021*. [Archivo PDF]

[http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/plan\\_nacional\\_gestion\\_integral\\_residuos\\_mayo\\_2016.pdf](http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/plan_nacional_gestion_integral_residuos_mayo_2016.pdf)

Ministerio de Salud (17 de mayo de 2022). *Especialistas se reúnen para analizar situación actual del tema en residuos*. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/prensa/52-noticias-2022/1312-especialistas-se-reunen-para-analizar-situacion-actual-del-tema-en-residuos#:~:text=Seg%C3%BAn%20datos%20del%20Ministerio%20de%20Salud%20durante%20el,de%20residuos%20generado%20solo%20se%20recupera%20el%206%20%20>

Mino, B. E. F. (2019). *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Íllimo para la generar una propuesta de valorización orgánica*. [Tesis ]  
<https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/311/1/TESIS%20PEREZ%20REATEGUI.pdf>

Municipalidad de Aserrí. (04 de junio de 2023). *Historia*. <https://aserri.go.cr/mi-canton/>

Municipalidad de Aserrí (24 de agosto de 2024). *Cantón de Aserrí*. <https://aserri.go.cr/mi-canton/>

Multidimensional Poverty Peer Network (s.f). Red de la Pobreza Multidimensional: Qué es la Pobreza Multidimensional. Recuperado 25 de octubre de 2023,  
<https://www.mppn.org/es/pobreza-multidimensional/que-es-el-ipm/>

Páez, O. (2021). OPA NATURA. Sistemas de compostaje y su clasificación: Una propuesta. Recuperado 25 de junio de 2023, <https://opanatura.com/sistemas-de-compostaje-y-su-clasificacion/?fbclid=IwAR1X38MjA9z8R6-ZDGhLT2QipP60y1pCFfGB5PEPL5wtGWY1U6HRWDg7svw>

Paniagua, M. y Solís, W. (2017). Biojardineras como alternativas para el tratamiento de aguas residuales. *Revista de Extensión. Universidad Nacional*, 7(1), Artículo 1.

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/dialogo/article/view/9519>

Paredes, G. Vélez, E. (2022). *Caracterización de los residuos sólidos del mercado Municipal Chiriyucu de Quito para identificar alternativas de aprovechamiento y valorización.*

Recuperado 07 junio de 2023, de

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/25749/1/UCE-FIGEMPA-CIA-PAREDES%20JOSELYNE-VELEZ%20ELIANA.pdf>

Pellejero, G. Vela, E. Palacios, J. Aschkar, G. (2021). *Manual de Divulgación Separación de Residuos Lombricompostaje.*

<http://rdi.uncoma.edu.ar/bitstream/handle/uncomaid/16602/MANUAL%20LOMBRI%202021%20digital.pdf?sequence=1&isAllowed=y>Plan Nacional de Compostaje 2020-2050.

Recuperado 05 de junio de 2023, de [https://cambioclimatico.go.cr/wp-](https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2021/05/Plan-Nacional-de-Compostaje-2020-2050.pdf)

[content/uploads/2021/05/Plan-Nacional-de-Compostaje-2020-2050.pdf](https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2021/05/Plan-Nacional-de-Compostaje-2020-2050.pdf)Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021. Recuperado 05 de junio de 2023, de

[http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/plan\\_nacional\\_gestion\\_integral\\_residuos\\_mayo\\_2016.pdf](http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/plan_nacional_gestion_integral_residuos_mayo_2016.pdf)

Quiroga Martínez, R. (2009). Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. Naciones Unidas, CEPAL.

Recuperado de [https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/8\\_manual-61-cepal\\_formatoserie\\_color.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/8_manual-61-cepal_formatoserie_color.pdf)

Richmond, E (2023). *Compostaje una Guía Simple*. Universidad de Costa Rica.

<https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/420adbcb-a715-4493-a5d5-9773ab34b085/content>

Röben, E. (2002). *Manual de compostaje para Municipios*. [Archivo PDF] <http://www.bionica.info/Biblioteca/Roben2002MauualCompostaje.pdf>

Rodríguez, M y Portugués A. (2023). Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local Aserrí 2023-2033. [Archivo PDF]. <https://www.aserri.go.cr/wp-content/uploads/2022/12/PCDHL-2023-2033.pdf>

Rusinque, Mauricio Camelo, Iván Edilberto Chacón Garzón, Andrea Paola Clavijo Gutiérrez, Nadia Yurany Luque Sanabria, Mauricio Soto Suárez, Edwin Andrés Villagrán Munar, Andrea del Pilar Villarreal Navarrete, y Andrea Paola Zuluaga Cruz. *Recomendaciones de manejo de residuos orgánicos: Equipo modular de lombricompostaje..* Text.Chapter. Editorial AGROSAVIA. Accedido 16 de agosto de 2024.

<https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/327/339/1903-1>.

Segura, Á. Rojas, L. Pulido, Y. (2020). *Referentes mundiales en sistemas de gestión de residuos sólidos*. 41(17), 22. <https://ww.revistaespacios.com/a20v41n17/a20v41n17p22.pdf>

Sistema Costarricense de Información Jurídica (14 de junio de 2023). *Manual de instrumentos técnicos para el proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (Manual de EIA) Parte IV. N° 32966*.

[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=57061&nValor3=62612&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=57061&nValor3=62612&strTipM=TC)

Sistema Costarricense de Información Jurídica (26 de agosto de 2024). *Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 8839*.

[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=68300](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=68300)

Soto Córdoba, S. (2019). *Gestión de los residuos sólidos en Costa Rica*.

<https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/7818>

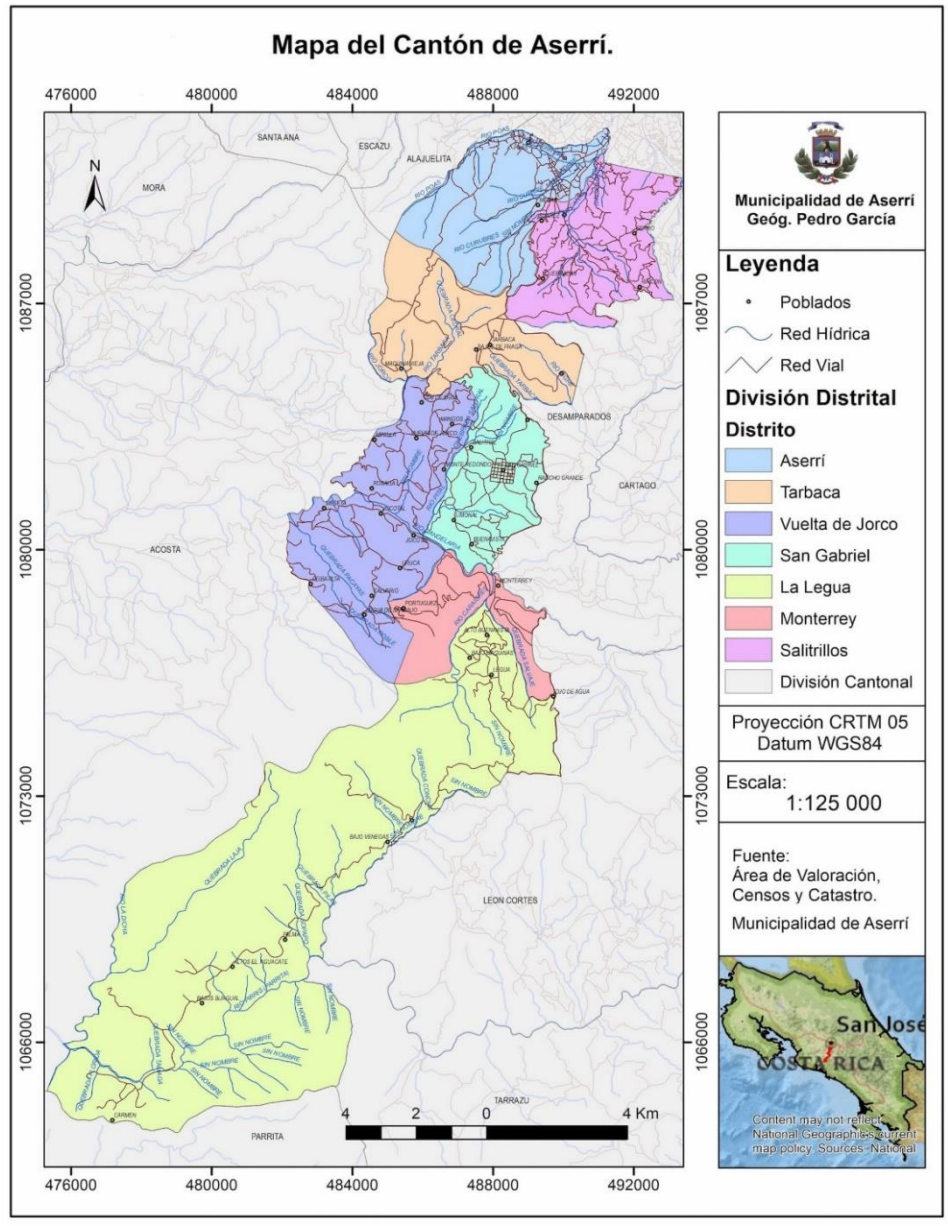
Wilson, B. (2019). *El proceso de compostaje*. Universidad de la

Salle.[https://books.google.com.mx/books?id=X\\_1DwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=X_1DwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

# 10 Anexos

## Anexo 1.

Mapa del Cantón de Aserri



**Anexo 2.***Encuesta***1. Característica del encuestado.**

- a) Es el jefe (a) de hogar: Si\_\_\_ No\_\_\_
- b) Sexo: Femenino\_\_\_ Masculino\_\_\_ Otro\_\_\_
- c) Edad: \_\_\_\_\_
- d) Provincia: \_\_\_\_\_ Cantón\_\_\_\_\_ Distrito\_\_\_\_\_
- Barrio\_\_\_\_\_
- e) Zona: Urbana\_\_\_ Rural\_\_\_

**2. Características de la vivienda**

- a) Tenencia de la vivienda: Propia\_\_\_ Alquilada\_\_\_ Prestada\_\_\_ Otro\_\_\_
- b) Material de la vivienda: Block\_\_\_ Madera\_\_\_ Prefabricada\_\_\_ Zócalo\_\_\_ Otro\_\_\_
- c) Servicios de la vivienda: Agua potable\_\_\_ Electricidad\_\_\_ Internet\_\_\_ Cable\_\_\_  
Teléfono\_\_\_ Otro\_\_\_
- d) Tamaños de la vivienda: metros cuadrados \_\_\_ número de cuartos\_\_\_ número de baños\_\_\_

**3. Nivel académico**

- a) Primaria: Completa\_\_\_ Incompleta\_\_\_
- b) Secundaria: Completa\_\_\_ Incompleta\_\_\_
- c) Universitaria: Completa\_\_\_ Incompleta\_\_\_

**4. Características económicas**

- a) Número de miembros del núcleo familiar: \_\_\_\_\_
- b) Número de miembros menores de edad: \_\_\_\_\_
- c) Número de miembros mayores de edad: \_\_\_\_\_
- d) Miembros asalariados del núcleo familiar: \_\_\_\_\_
- e) Ingreso mensual: menor a ¢51 930\_\_\_ ¢51 930 a ¢62 635\_\_\_ ¢62 635 a ¢98 537\_\_\_  
¢99 537 a ¢ 129 0038\_\_\_ mayor a ¢129 038.

## 5. Generación de residuos

- a) Hace separación de residuos: Si\_\_\_ No\_\_\_
- b) Cuántas bolsas de residuos sacan de forma semanal:
- c) Tamaño de bolsa en que sacan con los residuos: Pequeñas\_\_\_ Medianas\_\_\_ Grandes\_\_\_
- d) Separa los residuos orgánicos: Si\_\_\_No\_\_\_
- e) Qué hacen con los residuos orgánicos: se los dan a los animales\_\_\_ entregan a un vecino\_\_\_ aplican alguna tecnología y cual\_\_\_\_\_
- f) Qué residuos separa: Plástico\_\_\_ Aluminio\_\_\_ Papel y cartón\_\_\_ Vidrio\_\_\_
- g) Cuántas bolsas se genera de la separación:
- h) Cada cuánto tiempo saca los residuos valorizables:
- i) Por qué no separa los residuos: No sabía que se puede hacer\_\_\_ No sé cómo se hace\_\_\_ No tengo tiempo para hacerlo\_\_\_ Otro\_\_\_
- j) Por qué no separa los residuos orgánicos: No sabía que se puede hacer\_\_\_ No sé cómo se hace\_\_\_ No tengo tiempo para hacerlo\_\_\_ Otro\_\_\_

## 6. Recolección de residuos

- a) Frecuencia de la recolección de residuos ordinarios: Semanal\_\_\_ Quincenal\_\_\_ Mensual\_\_\_ No se recibe el servicio\_\_\_
- b) Frecuencia de recolección de residuos valorizables: Semanal\_\_\_ Quincenal\_\_\_ Mensual\_\_\_ No se recibe el servicio\_\_\_
- c) Frecuencia de recolección de residuos orgánicos: Semanal\_\_\_ Quincenal\_\_\_ Mensual\_\_\_ No se recibe el servicio\_\_\_

## 7. Servicio

- a) Cuál es su grado de satisfacción con el servicio de recolección ordinario:  
1\_\_\_2\_\_\_3\_\_\_4\_\_\_5\_\_\_
- b) Cuál es su grado de satisfacción con el servicio de recolección residuos valorizables:  
1\_\_\_2\_\_\_3\_\_\_4\_\_\_5\_\_\_
- c) Cuál es su grado de satisfacción con el servicio de recolección de residuos orgánicos:1\_\_\_2\_\_\_3\_\_\_4\_\_\_5\_\_\_

## 8. Capacitaciones

- a) Ha recibido algún tipo de capacitación o información sobre la correcta gestión de los residuos valorizables: Si\_\_\_ No\_\_\_
- b) Porque medio ha recibido la información: TV/o radio\_\_\_ Folletos\_\_\_ Redes Sociales\_\_\_ Otro\_\_\_
- c) Ha recibido algún tipo de capacitación o información sobre el correcto aprovechamiento de los residuos orgánicos: Si\_\_\_ No\_\_\_
- d) Porque medio ha recibido la información: TV/o radio\_\_\_ Folletos\_\_\_ Redes Sociales\_\_\_ Otro\_\_\_
- e) Tiene algún conocimiento sobre qué se puede hacer con los residuos orgánicos: Si\_\_\_ No\_\_\_
- f) Considera es importante capacitar a la población sobre la separación de los residuos valorizables: Si\_\_\_ No\_\_\_
- g) Considera es importante capacitar a la población sobre el correcto aprovechamiento de los residuos orgánicos: Si\_\_\_No\_\_\_
- h) Le gustaría recibir información sobre gestión adecuada de los residuos valorizables: Si\_\_\_ No\_\_\_
- i) Por qué medio le gustaría recibir la información: Charlas, talleres o capacitaciones\_\_\_ Medio Audiovisuales\_\_\_ Redes Sociales\_\_\_ Todos los anteriores\_\_\_
- j) Le gustaría recibir información sobre la correcta gestión de los residuos orgánicos: Si\_\_\_ No\_\_\_
- k) Por qué medio le gustaría recibir la información: Charlas, Talleres o capacitaciones\_\_\_ Medio Audiovisuales\_\_\_ Redes Sociales\_\_\_ Todos los anteriores\_\_\_

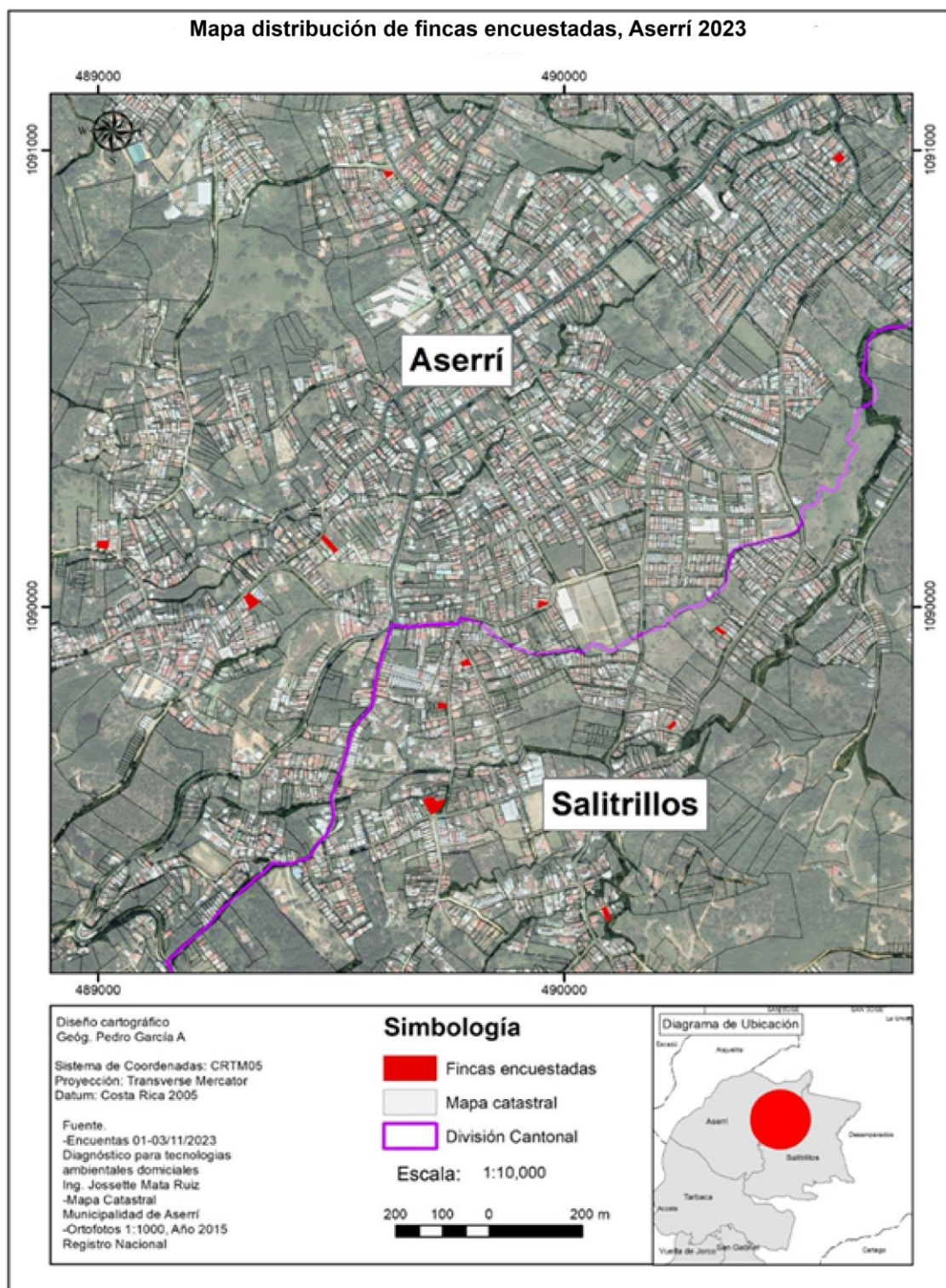
## 9. Técnicas para el tratamiento de los residuos orgánicos

- a) Conoce alguna técnica para el tratamiento de los residuos orgánicos: Si\_\_\_ No\_\_\_
- b) Que técnica conoce: Compostaje en compostera giratoria\_\_\_ Compostaje con microorganismos de montaña\_\_\_ Compostaje en suelo o hueco\_\_\_ Takakura\_\_\_ Lombricompost\_\_\_ Digestión anaeróbica (biogás) \_\_\_ Ninguna de las anteriores\_\_\_
- c) Le gustaría conocer sobre estas técnicas: Si\_\_\_ No\_\_\_

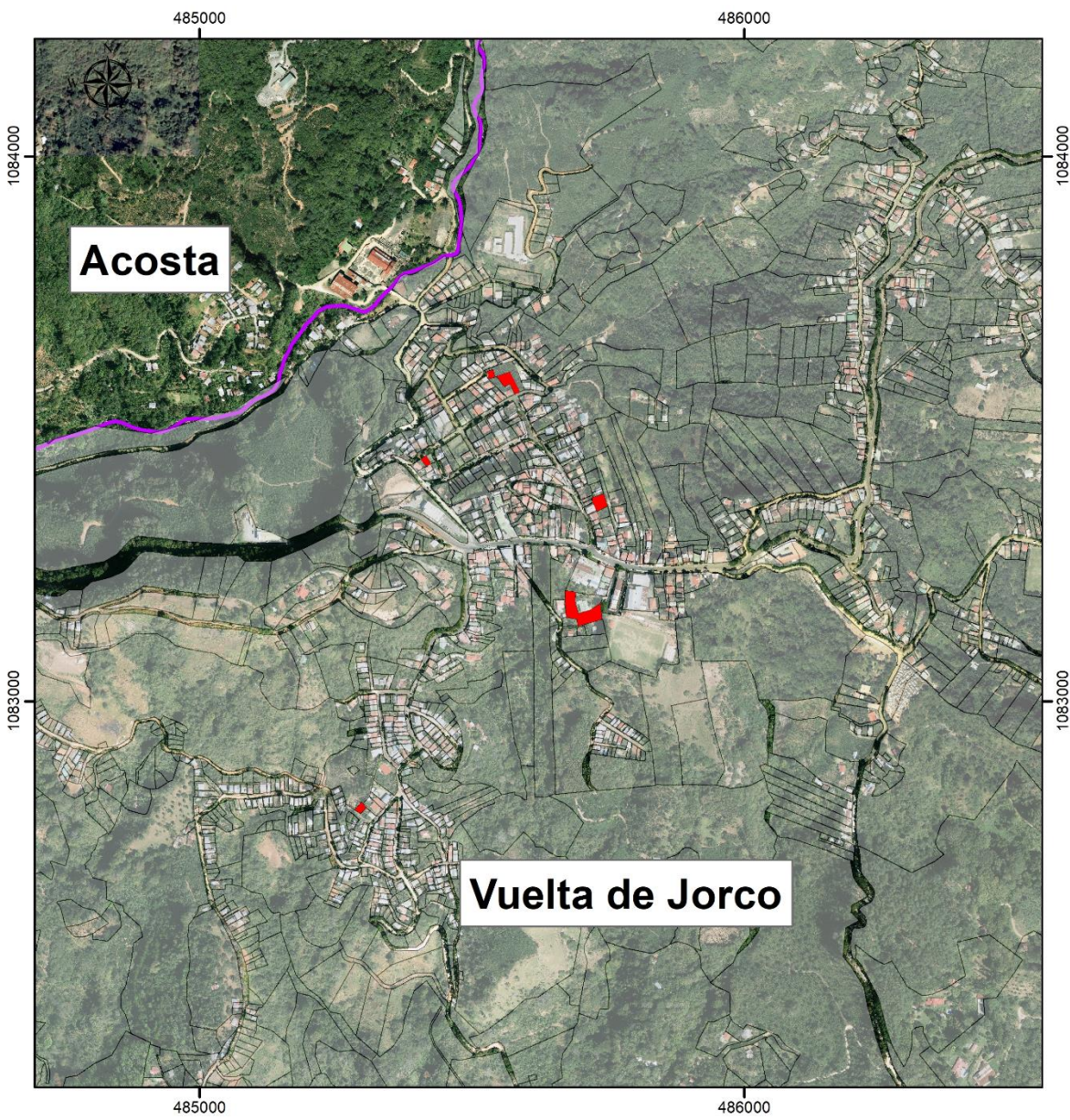
- d) Cuanto tiempo dispone al día para dedicar a la gestión de los residuos orgánicos: 15 min\_\_\_ 30min\_\_\_ 1h\_\_\_ No tengo tiempo\_\_\_
- e) Le gustaría que le haga llegar la guía sobre la correcta gestión de los residuos orgánicos:  
Si\_\_\_No\_\_\_
- f) Por qué medio:

### Anexo 3.

#### Mapa distribución de fincas encuestadas, Aserri



### Mapa distribución de fincas encuestadas, Aserri 2024



Diseño cartográfico  
Geóg. Pedro García A

Sistema de Coordenadas: CRTM05  
Proyección: Transverse Mercator  
Datum: Costa Rica 2005

Fuente.  
-Encuestas 16-19/04/2024  
Diagnóstico para tecnologías ambientales domiciliarias  
Ing. Josette Mata Ruiz  
-Mapa Catastral  
Municipalidad de Aserri  
-Ortofotos 1:1000, Año 2015  
Registro Nacional

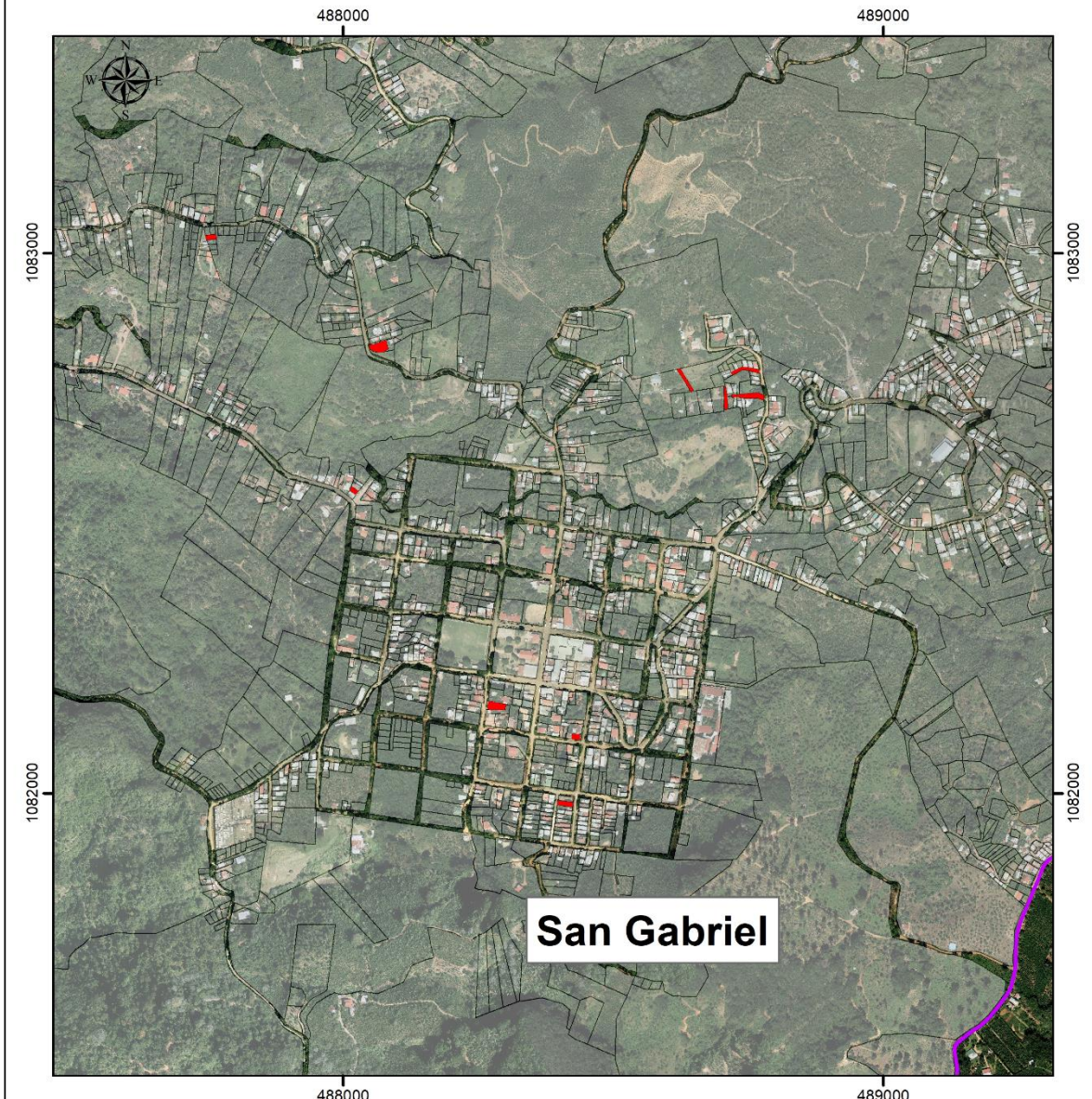
#### Simbología

- Fincas encuestadas
- Mapa catastral
- División Cantonal

Escala: 1:10,000



### Mapa distribución de fincas encuestadas, Aserri 2024



Diseño cartográfico  
Geóg. Pedro García A

Sistema de Coordenadas: CRTM05  
Proyección: Transverse Mercator  
Datum: Costa Rica 2005

Fuente.  
-Encuentas 16-19/04/2024  
Diagnóstico para tecnologías ambientales domiciliarias  
Ing. Josette Mata Ruiz  
-Mapa Catastral  
Municipalidad de Aserri  
-Ortofotos 1:1000, Año 2015  
Registro Nacional

#### Simbología

- Fincas encuestadas
- Mapa catastral
- División Cantonal

Escala: 1:10,000

200 100 0 200 m



## Anexo 4.

### *Cálculo de retorno de inversión*

Tecnología	Cálculo de abono orgánico generado mensual según muestreo (kg)	Precio de abono orgánico (kg)	Producción de abono anual (kg)	Ganancia anual por el abono orgánico	Inversión total	Fórmula de retorno de inversión $\frac{\text{Ganancia} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}}$	ROI anual	Retorno de inversión anual monetario
Pila de volteo manual	8,86	€540	106,32	€57 392	€6 250	$\frac{57\,392 - 6\,250}{6\,250}$	818%	€51 142
Takakura en caja de madera	8,86	€540	106,32	€57 392	€39 000	$\frac{57\,392 - 39\,000}{39\,000}$	47%	€18 392
Takakura en caja de plástico	8,86	€540	106,32	€57 392	€40 000	$\frac{57\,392 - 40\,000}{40\,000}$	43%	€17 392
Compostera giratoria KS-100	8,86	€540	106,32	€57 392	€69 000	$\frac{57\,392 - 69\,900}{69\,900}$	-17%	-€11 608
Compostera giratoria	8,86	€540	106,32	€57 392	€69 955	$\frac{57\,392 - 69\,955}{69\,955}$	-18%	-€12 563
Compostaje horizontal	8,86	€540	106,32	€57 392	€43 295	$\frac{57\,392 - 43\,295}{43\,295}$	33%	€14 097
Lombricompostaje en vernicompostera	8,86	€540	106,32	€57 392	€86 685	$\frac{57\,392 - 86\,685}{86\,685}$	-34%	-€29 293
Lombricompostaje	8,86	€540	106,32	€57 392	€78 565	$\frac{57\,392 - 86\,685}{86\,685}$	-27%	-€21 173
Digestión anaeróbica	8,86	€540	106,32	€57 392	€666 537	$\frac{57\,392 - 666\,537}{666\,537}$	-91%	-€609 145

## Anexo 5.

### *Memoria de cálculo de factor de emisión*

Datos generales:

Cantidad mensual de residuos orgánicos generados según el muestreo realizado en la población de Aserri  
14,76kg de residuos orgánicos por núcleo familiar

Factor de emisión de gases efecto invernadero, según edición 2023
Factor de emisión en relleno sanitario:
Metano (CH <sub>4</sub> ) 0,0519 (kg CH <sub>4</sub> /kg residuos)
Factor de emisión de compost
Metano (CH <sub>4</sub> ) 0,004 (kg CH <sub>4</sub> /kg residuos)
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) 0,024 (kg N <sub>2</sub> O/kg residuos)
Cálculos de generación de emisiones
Factor de emisión x cantidad de residuos orgánicos = Total de gases efecto invernadero generados
Relleno sanitario
0,0519 kg CH <sub>4</sub> x 14,76kg = 0,766kg emisiones de CH <sub>4</sub>
Compost
0,004kg CH <sub>4</sub> x 14,76kg = 0,059 kg emisiones de CH <sub>4</sub>
0,024kg N <sub>2</sub> O x 14,76 kg = 0,354kg emisiones de N <sub>2</sub> O

## Anexo 6

. *Parámetros utilizados para el análisis de las matrices de evaluación de impactos ambientales de las tecnológicas domiciliarias.*

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Naturaleza (signo)		Intensidad (IN)	
Positivo o benéfica		Baja	1
Negativo o perjudicial		Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
Extensión (EX)		Momento (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Mediano	
Extenso	4	plazo	2
Total	8	Inmediato	4
Crítico	(+4)	Crítico	(+4)

Persistencia (PE)		Reversibilidad (RV)	
Fugás	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Mediano plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI)		Acumulación (AC)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulaativo	4
Muy Sinérgico	4		
Efecto (EF)		Periodicidad (PR)	
Indirecto o secundario	1	Irregular o discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC)			
Recuperable inmediatamente	1		
Recuperable a medio plazo	2		
Recuperable parcial, mitigable y/o compensable	4		
Irrecuperable	8		
Importancia			
$I=(3IN+2EX+MO+PE+PV+SI+AC+EF+PR+MC)$			

## Anexo 7.

## Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental de la técnica de compostaje en Pila de Volteo

## Manual

MATRIZ DE IMPORTANCIA DE IMPACTOS AMBIENTALES DE TECNOLOGÍAS AMBIENTALES DOMICILIARES																				
TECNOLOGIA	ACTIVIDAD	ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES	CONDICIONES NORMALES	CONDICIONES ANORMALES	CONDICIONES DE EMERGENCIA	Signo	Intensidad (I)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Recuperabilidad (MC)	Sinergia (SD)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	IMPORTANCIA	¿Cuál es la relevancia del impacto ambiental?	
Pila de volteo manual	Generación de residuos orgánicos	Separación inadecuada de los residuos orgánicos	Probabilidad de malos olores por manejo inadecuado	x				4	1	4	1	1	1	1	1	1	2	17	Irrelevante	
		Separación adecuada de los residuos orgánicos	Aprovechamiento de los residuos orgánicos	x				13	4	4	1	1	1	1	4	4	4	4	37	Moderao
		Disminución de malos olores	Disminución de malos olores	x				2	2	4	1	1	1	1	4	4	2	22	Irrelevante	

Elaboración del sub producto	Consumo de agua	Disminución del recurso hídrico	x					1	1	4	1	1	1	1	4	1	4	19	Irrelevante	
	Generación de abono orgánico	Aumento la fertilidad del suelo	x					1	2	4	4	4	4	8	1	4	4	4	49	Moderao
		Aumenta la vida microbiana del suelo	x					1	2	4	4	4	4	8	1	4	4	4	49	Moderao
		Disminuye el uso de agroquímicos	x					1	0	4	4	1	2	4	1	4	1	4	35	Moderao
		Disminuye el consumo de los recursos naturales	x					1	2	4	4	1	1	1	1	4	1	4	33	Moderao
		Empaquetado del subproducto	Agotamiento de los recursos naturales	x						1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	13







	Generación de residuos orgánicos	Consumo de combustible	Disminución de los recursos no renovables	x														10	Irrelevante					
		Separación inadecuada de los residuos orgánicos	Generar malos olores	x																11	Irrelevante			
		Separación adecuada de los residuos orgánicos	Aprovechamiento de los residuos orgánicos	x																	43	Severo		
		Disminución de la fuente	Disminución de malos olores	x																	40	Severo		
		Elaboración del sub producto	Consumo de agua	Disminución del recurso hídrico	x																	28	Severo	
			Generación de abono orgánico	Aumento la fertilidad del suelo	x																		33	Severo
				Aumenta la vida microbiana del suelo	x																		33	Severo

		Disminuye el uso de agroquímicos	x					10	4	4	4	2	4	1	4	1	2	36	Severo
		Disminuye el consumo de los recursos naturales	x					12	8	4	4	1	2	1	4	1	4	41	Severo
		Agotamiento de los recursos naturales	x					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	Irrelevante

*Nota:* Se utilizó los parámetros establecidos en Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (Manual de EIA)-Parte IV. Decreto 32966 (Sistemas Costarricense de Información Jurídica, 2024)

### Anexo 10.

*Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental de la técnica de compostaje en Lombricompostera*

MATRIZ DE IMPORTANCIA DE IMPACTOS AMBIENTALES DE TECNOLOGÍAS AMBIENTALES DOMICILIARES																			
TECNOLOGÍA	ACTIVIDAD	ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES	CONDICIONES NORMALES	CONDICIONES ANORMALES	CONDICIONES DE	Signo	Intensidad (I)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Recuperabilidad (MC)	Sinergia (SD)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	IMPORTANCIA	¿Cuál es la relevancia del impacto ambiental?
Lombricompostaje	Construcción infraestructura	Utilidad del suelo	Movimiento del suelo	x				4	1	1	1	1	2	1	1	4	4	20	Irrelevante

		Retiro de la capa vegetal	x					5	1	1	1	1	1	2	1	1	4	4	21	Irrelevante	
		Alteración de las características del suelo	x					4	1	1	1	1	1	2	1	1	1	4	17	Irrelevante	
		Agotamiento de los recursos naturales	x					3	1	1	1	1	1	2	1	1	4	2	17	Irrelevante	
		Consumo eléctrico	x					3	1	1	1	1	1	2	1	1	4	2	17	Irrelevante	
		Consumo de agua	x					3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	4	16	Irrelevante	
		Consumo de combustible	x					4	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	14	Irrelevante	
		Contaminación atmosférica	x					3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	13	Irrelevante	
		Generación de ruido	x					2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	Irrelevante
	Generación de residuos orgánicos	Recolección de residuos orgánicos																			
		Generación de malos olores	x					2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	15	Irrelevante







		Contaminación del suelo	x					1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	Irrelevante		
		Generación de vectores	x					1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	Irrelevante	
		Separación inadecuada de los residuos orgánicos																						
		Generar malos olores	x					1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	Irrelevante	
		Separación adecuada de la fuente	Aprovechamiento de los residuos orgánicos	x					1	2	1	4	1	1	1	1	1	1	4	4	4	3	0	Modrado
			Disminución de malos olores	x					1	2	1	4	1	1	1	1	1	1	4	4	4	3	0	Modrado
		Elaboración del sub producto	Generación de abono orgánico	Aumento de la fertilidad del suelo	x				4	1	4	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	2	2	Irrelevante
				Aumenta la vida microbiana del suelo	x				4	1	4	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	2	2	Irrelevante
				Disminuye el uso de	x				4	1	4	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	1	9	Irrelevante



## Anexo 12.

## Guía de compostaje de volteo manual

# GUÍA DE COMPOSTAJE EN PILA DE VOLTEO MANUAL



Elaborado por:  
Ing. Jossette Mata Ruiz

UNA  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AGROPECUARIA

## COMPOSTAJE EN PILA DE VOLTEO MANUAL

**HERRAMIENTAS**  
1 Pala

**TIEMPO DE ATENCIÓN**  
15-20 minutos al día

**COSTO PARA EL DESARROLLO DE LA TÉCNICA**  
6250 col

**PASO 1**  
Seleccione un espacio en su jardín en el suelo, donde desea iniciar el compostaje.

**PASO 2**  
Vierta los residuos orgánicos diariamente en el espacio establecido.  
Se puede agregar todo tipo residuos orgánicos: cáscaras de frutos y verduras, cáscara de huevo, boronola del café, bolsitas de té, resto de alimentos cocinados, cítricos, toallas de cocina y resto de Jardinería.

**PASO 3**  
Airear con la pala los residuos todos los días. La cantidad de residuos lo define cada persona, esto debe permitir realizar el volteo manual.

## COMPOSTAJE EN PILA DE VOLTEO MANUAL

**PASO 4**  
Después de definir la cantidad de residuos o el tamaño de la pila, no agregue más residuos y siga con el volteo diario para iniciar el proceso de maduración, inicie nuevamente con el paso 1 en otro lugar.

**PASO 5**  
El tiempo de maduración es de aproximadamente un mes, en este se debe vigilar la humedad del compost y voltear todos los días, en el proceso los residuos orgánicos se degradan y se transforman como en "tierra" ósea en abono orgánico, el mismo emite un olor a tierra húmeda.

**PASO 6**  
Cuando el compost cumple con el paso 5 ya está listo y se procede a guardarlo en sacos.

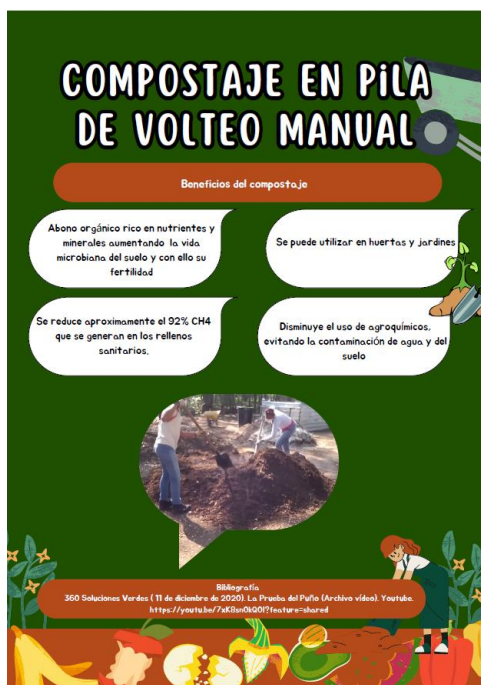
## COMPOSTAJE EN PILA DE VOLTEO MANUAL

¿Cómo saber si mi compost está bien?

**PRUEBA DEL PUÑO**  
Para saber si el compost tiene la humedad indicada se toma un poco en la palma de la mano y se cierra el puño fuerte; si sale agua está muy húmedo pero si a la hora de abrir el puño se desbarona está muy seco, lo ideal es que el abono se quede con la forma del puño.

**QUÉ HACER SI EL COMPOST ESTÁ MUY SECO**  
Se suspende el material secante  
o  
se puede agregar un poquito de agua si lo desea.

**QUÉ HACER SI EL COMPOST ESTÁ MUY HÚMEDO**  
Se escurren los residuos orgánicos para disminuir su humedad.  
Se agrega material secante como: pellets, aserrín, hojarasca y cartón de huevo.



### Anexo 13.

#### Guía de compostaje en compostera giratoria




## COMPOSTAJE EN COMPOSTERA GIRATORIA

**PASO 4**  
Agregue un 50% material secante como aserrín, hojarasca, pellets y cartón de huevo.  
Nota: si se agrega pellets solo se agrega una parte por cada cinco partes de residuos

**PASO 5**  
Gire la compostera cada vez que agrega residuos, al ser un sistema aeróbico necesita oxigenar el material de la compostera.

**PASO 6**  
Cuando se llene el máximo indicado en la compostera se deja madurar el compost y se inicia con el paso 2.3 y 4 con la otra cámara. El compost en la etapa de maduración debe durar mínimo 22 días.

## COMPOSTAJE EN COMPOSTERA GIRATORIA

¿Como saber si mi compost esta bien?

**PRUEBA DEL PUÑO**  
Para saber si el compost tiene la humedad indicada se toma un poco en la palma de la mano y se cierra el puño fuerte, si sale agua está muy húmedo pero si a la hora de abrir el puño se desbarona está muy seco, lo ideal es que el abono se quede con la forma del puño

**QUE HACER SI EL COMPOST ESTÁ MUY SECO**  
Se suspenden el material secante o se puede agregar un poquito de agua si lo desea

**QUE HACER SI EL COMPOST ESTÁ MUY HÚMEDO**  
Se escurren los residuos orgánicos para disminuir su humedad, se agrega material secante como: pellets, aserrín, hojarasca y cartón de huevo





## COMPOSTAJE EN COMPOSTERA GIRATORIA



¿Como saber si mi compost esta bien?

**¿QUE HACER SI HAY LARVAS EN MI COMPOST?**  
Para evitar esto es importante tener un equilibrio entre los residuos verdes y café que se agrega en la compostera

**Residuos verdes (aportan nitrógeno)**  
Lechuga  
Cáscara de pepino, chayote, todas las cáscaras de frutas y verduras de color verde  
Zacate fresco

**Residuos de color café (aporta carbono)**  
Bolsa de té  
Residuos de café  
Hojarasca  
Cáscara de frutas y verduras de diferentes colores

También se puede agregar un puño de ceniza para neutralizar el ph

## COMPOSTAJE EN COMPOSTERA GIRATORIA

¿Como utilizar mi compost?

**COMO SUSTRATO**  
Se mezcla 50% abono orgánico con 50% de tierra.

**COMO ABONO**  
Se agrega directo en la plantas, huerta y jardín

**Recomendaciones**  
Evite agregar cítricos y alimentos altos en grasa en a primeras semanas de iniciar el compostaje, esto porque los microorganismos apenas están iniciando a reproducirse




## COMPOSTAJE EN COMPOSTERA GIRATORIA

Beneficios del compostaje

Abono orgánico rico en nutrientes y minerales aumentando la vida microbiana del suelo y con ello su fertilidad

Se puede utilizar en huertos y jardines

Se reduce aproximadamente el 92% CH4 que se generan en los rellenos sanitarios.

Disminuye el uso de agroquímicos, evitando la contaminación de agua y del suelo





Bibliografía:  
360 Soluciones Verdes (13 de mayo de 2024). Como hacer compostaje (Archivo PDF). <https://s1u1n1cl.sguorospaace.com/s1u1n1cl/Succion582487f6b8c2b7e63f1/6142540c4012e2103a92485/1631736850029/Manual%20de%20usuario%20100.pdf>

### Anexo 14.

#### Guía de compostaje takakura









## Compostaje

### Takakura

Elaborado por: Ing. Jossette Mata Ruiz





PASO 1

Seleccione el lugar bajo techo donde desea colocar la caja de takakura



PASO 2

Corte los residuos aproximadamente 2-4cm y agréguelos a la caja takakura



PASO 3

Puede agregar cáscaras de frutas y verduras, cáscara de huevo, bosorola del café, bolsitas de té, resto de alimentos cocinados, papel y resto de jardinería

#### PASO 4

Agregue material secante como aserrín, pellets, cartón de huevo en trocitos.



#### PASO 5

Al agregar los residuos aire el compost con una pala o un aireador



#### PASO 6

Después de 4 semanas y cuando el compost huele a tierra húmeda ya está listo para utilizar y guarda en sacos. Repita los pasos.

#### ¿Cómo saber si mi compost está bien?

Para saber si el compost tiene la humedad indicada haga la prueba de puño, se toma un poco en la palma de la mano y se cierra el puño fuerte, si sale agua está muy húmedo pero si a la hora de abrir el puño se desborona está muy seco, lo ideal es que el abono se quede con la forma del puño



Muy húmedo



Muy seco



Humedad perfecta

#### ¿Qué hacer si el compost está muy seco?

Se suspende el material secante, si todavía está muy seco se puede agregar un poquito de agua

#### Pero qué hacer si está muy húmedo

Se debe agregar material secante como aserrín, hojarasca, cartón de huevo picado o pellets. Cuando se utiliza pellets solo se agrega una parte por cinco partes, ya que esto es aserrín comprimido



#### Beneficios del compostaje

- Abono orgánico rico en nutrientes y minerales aumentando la vida microbiana del suelo y con ello su fertilidad.
- Disminuye los gases efecto invernadero.
- Aumenta la vida útil del relleno sanitario.
- Disminuye el uso de agroquímicos.
- Se puede utilizar como abono o como sustrato.



### Costo de aplicar la técnica

Caja de madera \$39.000

Caja plástica \$24.000

### Tiempo para desarrollar la técnica

Aproximadamente 15 al día

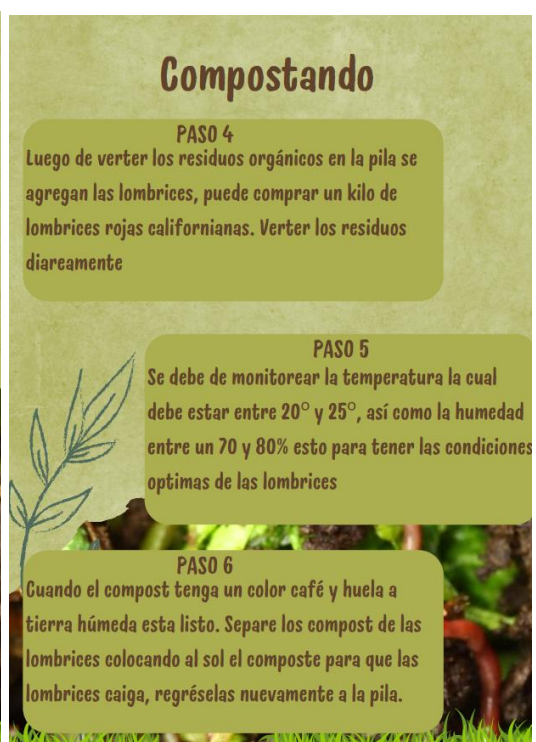
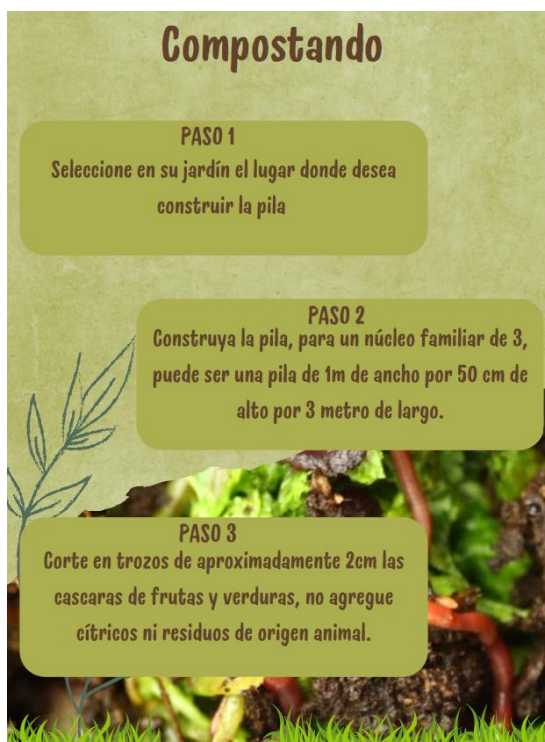
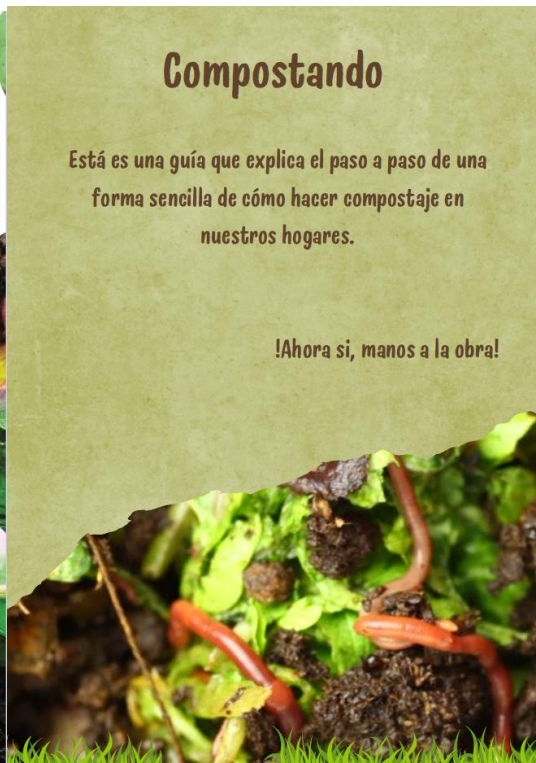
### Bibliografía

360 Soluciones Verdes (13 de mayo de 2024). Como hacer compostaje (ArchivoPDF).<https://static1.squarespace.com/static/5accc8582487fdb8c2b7eb63/t/6142540c401f2e2169a924b5/1631736850029/Manual+de+usuario+KS-100.pdf>



## Anexo 15.

## Guía de lombricompostaje



## Compostando

### PASO 7

Empaque el compost en sacos. El lixiviado que se genera también se puede utilizar como fertilizante.

Repita los pasos.

### BENEFICIOS

Abono orgánico rico en nutrientes y minerales aumentando la vida microbiana del suelo y con ello su fertilidad.

Reduce la emisión de gases efecto invernadero.

Disminuye el uso de agroquímicos.

Se puede utilizar como abono y sustrato para huertas y jardines.

## Compostando

### Costos de aplicar el lombripost

1 kilo de lombriz californiana ₡19.490

1 Aireador de compost ₡7.345

50 Block ₡23.000

4 sacos de Concremix (25kg) ₡10.580

3 Varilla de construcción (3/8) ₡3.150

3 horas Recurso humano ₡15.000

**TOTAL ₡80.565**

### Bibliografía

Merchant, X. Diseño de una planta de lombricompostaje para espacios comunes. Universidad Iberoamericana Puebla. (ARCHIVO PDF)

[https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/5581/Disen%20de%20una%20planta%20de%20lombricompostaje%20para%20espacios%20comunesmodalidad%20poster\\_arti%20cc%20tulo.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/5581/Disen%20de%20una%20planta%20de%20lombricompostaje%20para%20espacios%20comunesmodalidad%20poster_arti%20cc%20tulo.pdf?sequence=2&isAllowed=y)