UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y ECONÓMICAS

CARRERA DE ECONOMÍA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"ECONOMÍA CIRCULAR Y COMPOSTAJE DOMÉSTICO COMO ESTRATEGIA DE DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA COMUNIDAD SAN LUIS DE AGUALONGO, CANTÓN OTAVALO"

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Economista

Línea de investigación: Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socioeconómico.

AUTOR:

Tallana Ipiales Jéssica Clara

DIRECTOR:

Econ. Wilma Matilde Guerrero Villegas PhD.

Ibarra – Ecuador, 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	TALLANA IPIALES JÉSSICA CLARA

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ECONOMÍA CIRCULAR Y COMPOSTAJE DOMÉSTICO COMO ESTRATEGIA DE DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA COMUNIDAD SAN LUIS DE AGUALONGO, CANTÓN OTAVALO
AUTOR (ES):	TALLANA IPIALES JÉSSICA CLARA
FECHA: DD/MM/AAAA	06/11/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** ☐ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	ECONOMISTA
DIRECTOR /ASESOR:	ECON. WILMA MATILDE GUERRERO VILLEGAS PHD.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 06 días del mes de noviembre de 2026

EL AUTOR:

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
JESSICA CLARA TALLANA IPIALES

.....

TALLANA IPIALES JÉSSICA CLARA

CERTIFICACIÓN DIRECTORA DEL TRABAJO DE GRADO

En la calidad de Directora del Trabajo de Grado presentado por la egresada JÉSSICA CLARA TALLANA IPIALES para obtener el título de ECONOMISTA, cuyo tema es "ECONOMÍA CIRCULAR Y COMPOSTAJE DOMÉSTICO COMO ESTRATEGIA DE DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA COMUNIDAD SAN LUIS DE AGUALONGO, CANTÓN OTAVALO", considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a publicación y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 6 días del mes de noviembre de 2026.



.....
Econ. Wilma Matilde Guerrero Villegas, PhD.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE GRADO

Dedicatoria

Con todo mi amor y profunda admiración, a mi mamá, María Ipiales, por ser el pilar fundamental en mi vida, mi más grande ejemplo de valentía, perseverancia y amor.

A mi papá, José Tallana, por haberse quedado conmigo a pesar de su enfermedad, su resiliencia y deseo de continuar me enseñó que tengo que seguir adelante pase lo que pase.

A mi querida hermana, Luci, por ser mi orgullo, mi inspiración y ser una segunda madre para mí, por cuidarme, escucharme, comprenderme y por impulsarme a seguir con mis estudios. Ñañita este logro también es tuyo.

A mi compañero de vida, Kevin Mesa, uno de los mayores apoyos que he recibido en este proceso y quien, como nadie, sabe cuánto me ha costado llegar hasta aquí. Gracias por sostenerme cuando más lo necesitaba.

A mis hermanos, Die, Eto, Jen, Washito, por su cariño, apoyo y recordarme que es muy importante la unión que nos tenemos.

A mis sobrinitos, Yaryk, Jader, Hawi y Thiaguito quienes son mi alegría más grande, mi mayor motivación para ser mejor persona y que puedan sentirse orgullosos de su tía.

Y, sobre todo, me dedico este trabajo a mí misma. Me costó lágrimas, trasnochadas y cansancio. Hoy, con lágrimas en los ojos, me doy gracias por tanta fuerza, tanto coraje y tanta valentía. Soy mi propio orgullo, intenté hacer lo que creí correcto, y este es uno de los resultados más bonitos.

Gracias a todos de corazón, Jéssica Tallana Ipiales

Agradecimiento

Me siento muy agradecida con mis padres, por cuidar de mi y estar pendientes de mi salud, por acompañarme con cariño y paciencia en este proceso.

A mi familia, por su confianza brindada en esta etapa.

A mi compañero de vida, Kevin, por sostener mi mano cuando sentía que no podía, por todo el amor y la comprensión brindada en este tiempo.

A mi Puki y Mickey, por ser mi compañía incondicional durante las noches de estudio.

A mi mejor Amigo, Andrés, por haberme escuchado y ayudado tanto en cuestiones académicas como en lo personal, por estar ahí siempre que lo necesito.

A mis amigos de la U, Mateo, Joselyn, David y Bryan, por confiar en mi y preocuparse por mi bienestar tanto personal como académico.

A mi directora de tesis, Eco Wilmita, por su comprensión y nivel de exigencia, me ayudó a ser más disciplinada, organizada y a sentirme más comprometida con esta investigación.

A mi asesor, Inge Miguel Gómez, en primera por aceptar ser parte de este trabajo, y en segunda por la paciencia para explicarme temas referentes a su campo que contribuyó de manera significativa a mi trabajo.

A las y los participantes de la etapa experimental de este estudio, sin ellos no habría sido posible llevar a cabo este trabajo.

Y agradezco también a mi segunda familia, la Fundación Hanns Seidel, por el apoyo económico que me brindó durante mi carrera. Quedo profundamente agradecida con ustedes por haber creído en mí y haber hecho este camino mucho más llevadero.

Gracias de todo corazón a todas las personas que de una u otra forma fueron parte de este proceso, a quienes caminaron conmigo, mi más profunda gratitud.

Resumen

La presente investigación tuvo lugar en la comunidad San Luis de Agualongo, perteneciente a la parroquia San Juan de Ilumán en el cantón Otavalo, planteándose como objetivo principal la evaluación del compostaje doméstico para transformar los desechos orgánicos en un recurso valioso, fortaleciendo la conciencia sobre el cuidado de la naturaleza en los habitantes y promoviendo la economía circular. El estudio combinó análisis de datos cualitativos como cuantitativos durante el periodo comprendido entre los años 2025 y 2026. Durante la etapa inicial se detectaron las principales dificultades en el manejo de basura y se encuestó a un grupo representativo de pobladores, tiempo después se instalaron vermicomposteras caseras en cinco viviendas para monitorear el avance de la fase experimental.

La investigación mostró que las familias producían gran cantidad de residuos orgánicos, pero no los aprovechaban debido a la falta de información, tiempo y espacio. La implementación de este sistema disminuye los desperdicios y la presión del relleno relleno sanitario y genera un humus con nutrientes esenciales para el suelo. Este estudio resalta que el esfuerzo compartido entre los habitantes de la comunidad promueve un estilo de vida responsable y representa una solución sustentable que protege el entorno.

Palabras clave: residuos orgánicos, recurso, vermicompostaje, humus, nutrientes.

Abstract

This research took place in the community of San Luis de Agualongo, belonging to the parish of San Juan de Ilumán in the canton of Otavalo. Its main objective was to evaluate home composting as a means of transforming organic waste into a valuable resource, strengthening environmental awareness among residents, and promoting a circular economy. The study combined qualitative and quantitative data analysis during the period between 2025 and 2026. During the initial stage, the main difficulties in waste management were identified, and a representative group of residents was surveyed. Subsequently, home vermicomposters were installed in five households to monitor the progress of the experimental phase.

The research showed that families produced a large amount of organic waste but did not utilize it due to a lack of information, time, and space. Implementing this system reduces waste and the pressure on landfills, while also generating humus with essential nutrients for the soil. This study highlights that the shared effort among community members promotes a responsible lifestyle and represents a sustainable solution that protects the environment.

Keywords: organic waste, resource, vermicomposting, humus, nutrients.

Índice

Introducción 11

Planteamiento del problema de investigación 11

Antecedentes *11*

Situación Actual *14*

Situación prospectiva *15*

Objetivos 16

Objetivo General *16*

Objetivos Específicos *16*

Justificación 17

Estructura de tesis 19

Capítulo I 20

1. Marco Teórico 20

1.1 Residuos sólidos 20

1.1.1 Residuos Orgánicos *22*

1.1.2 Residuos Inorgánicos *23*

1.2. Economía Circular 23

1.2.1 Principios de la economía circular *25*

1.3. Bioeconomía 26

1.3.1 Principios de la Bioeconomía *27*

1.3.2 Compostaje como proceso de valorización de residuos orgánicos *28*

1.4. Gestión de residuos sólidos en Ecuador 32

1.5. Marco Normativo de Economía Circular, Bioeconomía y Gestión de Residuos 34

1.5.1 Constitución de la República del Ecuador 2008 ..... *34*

1.5.2 Código Orgánico del Ambiente (COA) *34*

1.5.3 Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador *35*

1.5.4 Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva (LOECI) *35*

1.5.5 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) *36*

1.5.6 Libro Blanco de la Bioeconomía Sustentable de Ecuador *36*

1.5.7 Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) .. *37*

1.5.8 Normativa Técnica Ecuatoriana (NTE) *37*

1.5.9 Ordenanza para la gestión integral de los residuos sólidos en el Cantón Otavalo *38*

1.6. Importancia de los nutrientes en la agricultura 38

1.6.1 Macronutrientes *38*

1.6.2 Micronutrientes *39*

1.7 Marco empírico 39

Capítulo II 42

2. Metodología 42

2.1. Tipo y diseño de investigación 42

2.1.1 Metodología participativa *43*

2.2. Fuentes de información 43

2.3 Población de análisis 43

2.4 Instrumentos de investigación 44

2.4.1 Detalle de la encuesta *44*

2.4.2 Ficha de registro *45*

2.4.3 Observación directa *46*

2.5. Descripción del proceso 46

2.6. Tratamiento de los datos 47

2.7 Método de análisis de datos 47

2.8 Limitantes de investigación 48
Capítulo III 51
3. Análisis y discusión de resultados 51
3.1. Caracterización de la comunidad San Luis de Agualongo 51
3.1.1 Aspectos ambientales del entorno 52
3.1.2 Diagnóstico general de la gestión de residuos sólidos 55
3.1.3 Funcionamiento del servicio de recolección 56
3.1.4 Disposición final de residuos 58
3.2. Aprovechamiento de residuos orgánicos. 59
3.2.1 Manejo de residuos y percepción ambiental en la comunidad 60
3.2.2 Conocimiento sobre el compostaje 63
3.3 Etapa experimental y recuperación de macronutrientes 68
3.3.1 Descripción de la fase experimental 69
3.3.2 Procedimiento experimental 73
3.3.3 Análisis económico, social y ambiental del vermicompostaje en la comunidad . 79
3.3.3 Recuperación de nutrientes 88
Conclusiones 95
Referencias Bibliográficas 97
Anexos 108

Introducción

Planteamiento del problema de investigación

Antecedentes

A nivel mundial, la gestión deficiente de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) representa una de las crisis ambientales más serias de la actualidad, el manejo inadecuado genera contaminación y representa un riesgo para la salud pública y la sociedad (Niezwida et al., 2023). Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2024), la producción de estos desechos alcanzó aproximadamente 2.100 millones de toneladas en 2023, y podría incrementarse hasta 3.800 millones de toneladas en 2050, lo que implicaría un costo directo de 252.000 millones de dólares, sin incluir los impactos relacionados con el deterioro del clima, los riesgos sanitarios y la contaminación generada por un manejo inapropiado.

La composición de residuos sólidos según United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat, 2021) tiene una correlación directa con el nivel de desarrollo económico y la distribución de la población. En regiones con ingresos bajos y con mayor área rural como es el caso de África y Sudáfrica, la basura que se genera se caracteriza por tener una alta presencia de residuos orgánicos. En contraste, en países con ingresos altos y urbanizados como Norteamérica y Europa existe mayor presencia de residuos inorgánicos. El origen del problema ambiental se debe a que la mayor parte de estos residuos son dispuestos bajo el modelo lineal (tomar, utilizar y desechar) que congestiona los rellenos sanitarios y libera grandes volúmenes del gas metano (CH4), un potente Gas de Efecto Invernadero (GEI) derivado de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica (Kaza et al., 2018).

Esta problemática implica también una pérdida económica y productiva para territorios agrícolas que mantienen una alta dependencia de fertilizantes sintéticos importados, como la producción de abonos nitrogenados, especialmente los que provienen del amoníaco, exige un consumo energético masivo y está ligado al uso de gas natural (International Energy Agency [IEA], 2021). Otros insumos agrícolas que son necesarios para el crecimiento, la floración, la fructificación y la maduración de los cultivos, siendo un pilar de la seguridad alimentaria global son recursos finitos, como es el caso del fósforo (P), cuya escasez futura es ya un motivo de alerta.

Cordell et al. (2009), mencionan que, si mantenemos el ritmo actual de explotación, las reservas de fósforo podrían desaparecer en un plazo de apenas 50 a 100 años aproximadamente. Peñuelas et al. (2023), subrayan que cerca del 85% de las reservas de roca fosfórica están en manos de pocos países, lo que crea oligopolios lo que conlleva a una sensibilidad en los precios para las naciones importadoras. Ante esta situación, aprovechar la fracción orgánica de los residuos surge como una solución clave para recuperar nutrientes esenciales como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) mediante el vermicompostaje, estos elementos pueden volver a la tierra, reduciendo la dependencia de mercados externos y mejorando la soberanía productiva de las comunidades locales.

El territorio de América Latina y el Caribe evidencia una profunda dependencia de fertilizantes importados, un problema intensificado recientemente por la crisis energética y la guerra entre Rusia y Ucrania, factores determinantes en el encarecimiento y la escasez de estos insumos, de tal forma que, tal como advierte la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, 2022), varias naciones del sector importan más del 60% de sus compuestos nitrogenados y fosfatados, elevando drásticamente el costo general de las labores agrícolas.

La falta de infraestructura especializada complica el aprovechamiento de los residuos orgánicos como un insumo agrícola y, eso obliga a la región a enterrarlos o quemarlos, perdiendo un recurso valioso y la oportunidad para impulsar procesos de valorización biológica. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2024). Además, sigue vigente un modelo de gestión limitado, que no permite avanzar hacia soluciones más sostenibles (PNUMA, 2021). En la región, incorporar la economía circular en los Planes Nacionales, no sólo reforzaría la reactivación económica, sino también guiaría a los países hacia un desarrollo más sostenible, alineándose con los objetivos de la Agenda 2030 (CEPAL, 2021).

En Ecuador, se registran alrededor de 14.421,3 toneladas diarias de desechos cuya recolección se realiza en su mayoría de forma no diferenciada, y más del 50% pertenecen a los residuos orgánicos, desaprovechando este insumo importante para la agricultura (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2023). Ecuador al ser considerado agrícola y agroexportador, aportando al Producto Interno Bruto (PIB) un 7,81%, depende en gran medida de importaciones de fertilizantes como la urea para su producción, esto debido a la carencia de materia prima y por la inexistente infraestructura necesaria para cubrir la demanda nacional (Loaiza & Montealegre, 2020). Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2026), para el 2025 se importó en fertilizantes alrededor de 700 mil dólares, mostrando una contradicción estructural, mientras grandes volúmenes de materia orgánica son dispuestos en rellenos sanitarios, el país continúa destinando recursos económicos significativos a la importación de nutrientes que podrían recuperarse localmente mediante procesos de compostaje.

En el cantón Otavalo la gestión de residuos muestra una situación que refleja con claridad las limitaciones locales, ya que según su Plan de Desarrollo y Ordenamiento

Territorial (PDOT) se genera un promedio superior a 70 toneladas diarias con una producción per cápita de 0,52 kg y cuya composición mantiene la tendencia nacional al presentar una fracción orgánica que sobrepasa el 50% del total (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Otavalo [GAD Otavalo], 2024). La cobertura de recolección alcanza el 95% en la cabecera cantonal, pero desciende al 83% en parroquias y zonas rurales donde el servicio opera con menor frecuencia y solo por vías principales. Esta condición se evidencia en comunidades como San Luis de Agualongo donde la recolección resulta limitada o inexistente en varios puntos, de modo que los residuos orgánicos terminan acumulados o dispuestos de forma inadecuada por los propios habitantes, desaprovechando un recurso valioso y perdiendo nutrientes esenciales como el N, P y K para una comunidad en donde predomina la actividad agrícola (GAD Otavalo, 2023).

Situación Actual

En San Luis de Agualongo, hay un modelo de gestión lineal todavía, donde los restos orgánicos, la gran parte de la basura domiciliaria, se tratan simplemente como desecho y no como un insumo que puede nutrir el suelo, con N, P y K. Esta situación persiste porque el vermicompostaje doméstico, aunque es común en contextos rurales, no cuenta con una metodología definida ni con procesos de capacitación o incentivos que permitan aplicarlo de manera adecuada y constante (GAD Otavalo, 2023). La falta de una estrategia que relacione la gestión de estos residuos con la actividad productiva obliga a las familias a invertir en fertilizantes costosos mientras los desechos orgánicos terminan acumulándose o dispuestos de forma inadecuada, lo que genera contaminación y evidencia la necesidad de transformar el manejo actual hacia un modelo más eficiente y sostenible.

Situación prospectiva

Si no se ejecuta una acción estratégica como la planteada en esta investigación, la situación futura será negativa en los ámbitos ambiental, social y económico, ya que la falta de valorización de la materia orgánica provocará que el relleno sanitario cantonal llegue antes de tiempo al límite de su capacidad y obligue al GAD Otavalo a invertir grandes recursos en nuevos espacios de disposición. A su vez, la ausencia de prácticas circulares como la elaboración de vermicompostajes en las comunidades mantendrá una elevada dependencia de fertilizantes importados, cuyos precios están sujetos a la volatilidad del mercado internacional y a factores geopolíticos externos, implicando una mayor inversión económica por parte de los productores agrícolas, al tiempo que los nutrientes contenidos en los residuos orgánicos como N, P y K continuarían perdiéndose en los rellenos sanitarios. Además, la acumulación y descomposición inadecuada de los residuos aumentará los riesgos de salud pública y la contaminación del entorno en San Luis de Agualongo, lo que impedirá avances reales hacia un desarrollo sustentable alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODSs) 12 y 13 que promueven patrones responsables de producción y acciones inmediatas frente al cambio climático (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2016).

Formulación del problema

Esta investigación aborda el análisis de la gestión de los residuos orgánicos de la comunidad San Luis de Agualongo, situada en el cantón Otavalo en el periodo 2025–2026, con la finalidad de encontrar las condiciones que obstaculizan su adecuada gestión y, a su vez, determinar si el vermicompostaje doméstico es una alternativa sustentable para los hogares a fin de transformar un residuo cotidiano en un recurso útil, reforzando las prácticas

productivas locales y disminuyendo los impactos medioambientales de la disposición convencional.

A continuación, se plantea la pregunta de investigación:

¿La implementación del vermicompostaje doméstico puede mejorar la calidad de vida y las condiciones ambientales del entorno en la comunidad San Luis de Agualongo?

¿Qué cantidad de macronutrientes primarios (N, P y K) podrían reciclarse durante el proceso de vermicompostaje según el número de hogares participantes y la cantidad de residuos orgánicos recolectados en la comunidad San Luis de Agualongo?

Objetivos

Objetivo General

Plantear el vermicompostaje doméstico como una alternativa sustentable en la comunidad San Luis de Agualongo mediante el aprovechamiento de residuos orgánicos que genera la comunidad.

Objetivos Específicos

1. Identificar los posibles problemas generados por la baja cobertura del servicio de recolección de desechos sólidos en los hogares de la comunidad San Luis de Agualongo.
2. Evaluar el nivel de conocimiento de la población en relación al compostaje doméstico elaborado con residuos orgánicos domiciliarios.
3. Aplicar el proyecto de vermicompostaje doméstico en la comunidad y determinar qué cantidad de macronutrientes se reciclaron de acuerdo al número de hogares participantes y la cantidad de residuos orgánicos recolectados.

Justificación

El presente estudio nace frente a la problemática a nivel ambiental, social y económico provocado por el tratamiento ineficaz de los desechos orgánicos dentro de los territorios rurales del país, una crisis evidente que repercute directamente sobre comunidades como San Luis de Agualongo donde habitan alrededor de 405 familias, hogares compuestos por un promedio de cuatro miembros de acuerdo con el INEC (2024), panorama que visibiliza la necesidad de gestionar prácticas sustentables como el vermicompostaje. Estas podrían aliviar la carga del sistema de recolección municipal, fortalecer la participación comunitaria, y transformar los residuos en recursos valiosos para las actividades productivas locales; disminuyendo también, la dependencia de importaciones de fertilizantes que contienen macronutrientes necesarios para la vitalidad de las plantas.

En el caso del fósforo, uno de los tres macronutrientes primarios utilizado en los fertilizantes, es un recurso finito, que se está agotando aceleradamente debido a la agricultura intensiva, por lo que a largo plazo será un insumo agrícola poco accesible y que al encontrarse más del 70% en pocos países crea oligopolios haciendo que el precio no esté sujeto a una demanda y oferta real. Por lo tanto, este estudio surge como respuesta a la falta de información y de propuestas adaptadas al territorio que integren prácticas de economía circular, en donde se aproveche un residuo y se convierta en un recurso capaz de disminuir la dependencia de fertilizantes de costos elevados, como el fósforo, en comunidades indígenas del cantón Otavalo.

Desde la perspectiva teórica, el estudio contribuye a comprender cómo funciona la economía circular en territorios rurales, en especial en lo relacionado con la gestión de residuos orgánicos a través de alternativas como el vermicompostaje, el aporte de nutrientes que tiene este al mejoramiento de la calidad del suelo y producción, y aunque la literatura

reconoce la relevancia de estas prácticas aún existe poca evidencia aplicada directamente en las comunidades, por lo que el diseño de un modelo de vermicompostaje doméstico ajustado a las características de la comunidad San Luis de Agualongo se plantea como un aporte significativo que puede servir de referencia y replicarse en otras zonas rurales del cantón.

En el ámbito práctico, la investigación aportará conocimientos que permitirán a los hogares convertir sus residuos orgánicos en compost, que aportará nutrientes esenciales al suelo y disminuirá costos de adquisición de fertilizantes, y proporcionarán al GAD Municipal de Otavalo y al GAD Parroquial de San Juan de Ilumán una herramienta que fortalecerá la planificación ambiental, mejorar la eficiencia del sistema de recolección y disminuir los costos operativos asociados al transporte de los desechos hacia el relleno sanitario, de manera que el manejo local de la materia orgánica se convierta en una acción beneficiosa tanto para la comunidad como para la administración pública.

Los beneficiarios directos serán los habitantes de la comunidad San Luis de Agualongo, quienes podrán incorporar una práctica sustentable que mejore su economía familiar y contribuya al cuidado del entorno. Los beneficiarios indirectos incluirán a organizaciones ambientales y a otras comunidades rurales del cantón que buscan aplicar un modelo similar. Así, los resultados de esta investigación pueden ser una herramienta técnica capaz de orientar la toma de decisiones y servir como guía para la implementación de programas comunitarios de vermicompostaje, cuyos efectos podrán observarse en el corto, mediano y largo plazo, desde la generación inicial de abono, el mejoramiento de la calidad del suelo y la reducción de residuos enviados a disposición final y al consolidar un modelo cantonal de manejo sustentable de los residuos orgánicos.

La investigación podría enfrentar limitaciones asociadas a la disponibilidad de información actualizada sobre la generación de residuos en la comunidad, así como a la

participación de los habitantes en las encuestas y talleres necesarios para el desarrollo del estudio, además es posible que algunas familias muestren resistencia al cambio debido a hábitos arraigados o a la falta de familiaridad con prácticas de aprovechamiento de la materia orgánica, y también pueden surgir dificultades logísticas relacionadas con la dispersión de las viviendas y el tiempo requerido para brindar acompañamiento técnico, factores que podrían influir en la implementación y seguimiento de la propuesta.

Estructura de tesis

En la Introducción se expone el planteamiento del problema de investigación a partir de los antecedentes que permiten comprender su origen, se describe la situación actual para evidenciar las limitaciones presentes en la comunidad y se desarrolla una proyección prospectiva que muestre las posibles consecuencias de no intervenir ante este problema.

En el Capítulo 1 se presenta el marco teórico y empírico donde se revisa los conceptos esenciales de la economía circular, la gestión integral de residuos sólidos y al vermicompostaje doméstico como alternativa sustentable para territorios rurales.

En el Capítulo 2 se expone la metodología que tiene un enfoque mixto, con alcance descriptivo y un diseño experimental adaptado a las condiciones de la comunidad, y los datos obtenidos son analizados mediante estadística descriptiva.

En Capítulo 3 se desarrolla el análisis y la discusión de los resultados obtenidos a partir de los instrumentos aplicados apoyándose en gráficos y tablas para su interpretación, y al final se presenta las conclusiones y recomendaciones que orienta acciones futuras para fortalecer la gestión de los residuos orgánicos y promover la implementación sustentable del vermicompostaje doméstico en la comunidad San Luis de Agualongo.

Capítulo I

1. Marco Teórico

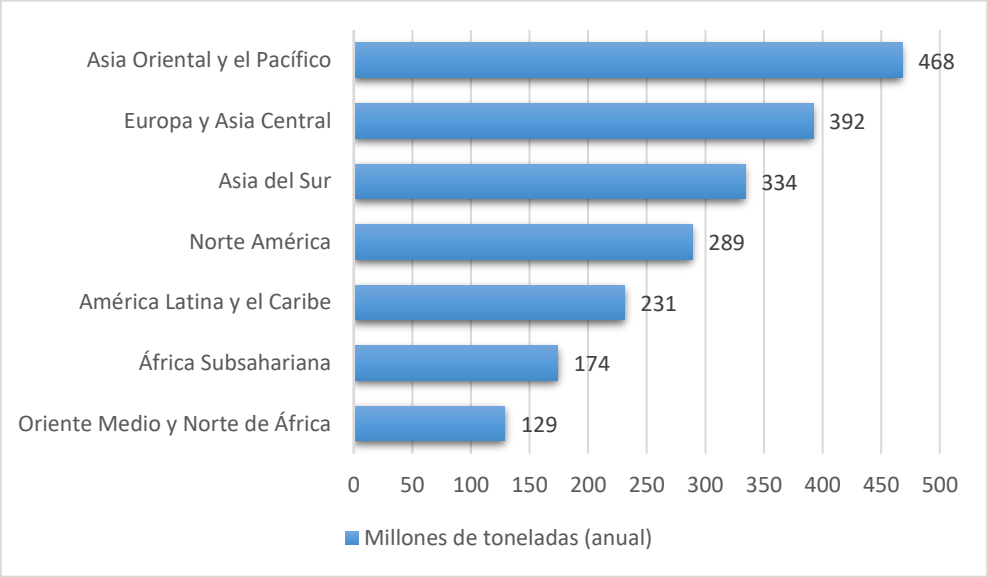
1.1 Residuos sólidos

Los residuos sólidos se definen como materiales, sustancias u objetos que provienen de las actividades humanas de producción y consumo y que, al perder su utilidad principal, son descartados, aunque conservan un potencial de aprovechamiento económico y ambiental (Flores, 2021). En países en desarrollo los residuos generados incrementan de acuerdo a nivel de crecimiento económico, generando mayores desafíos ambientales (Kaza et al., 2018).

En la Figura 1 podemos observar la generación de residuos sólidos por las regiones a nivel mundial.

Figura 1

Generación de residuos sólidos por región en toneladas anuales



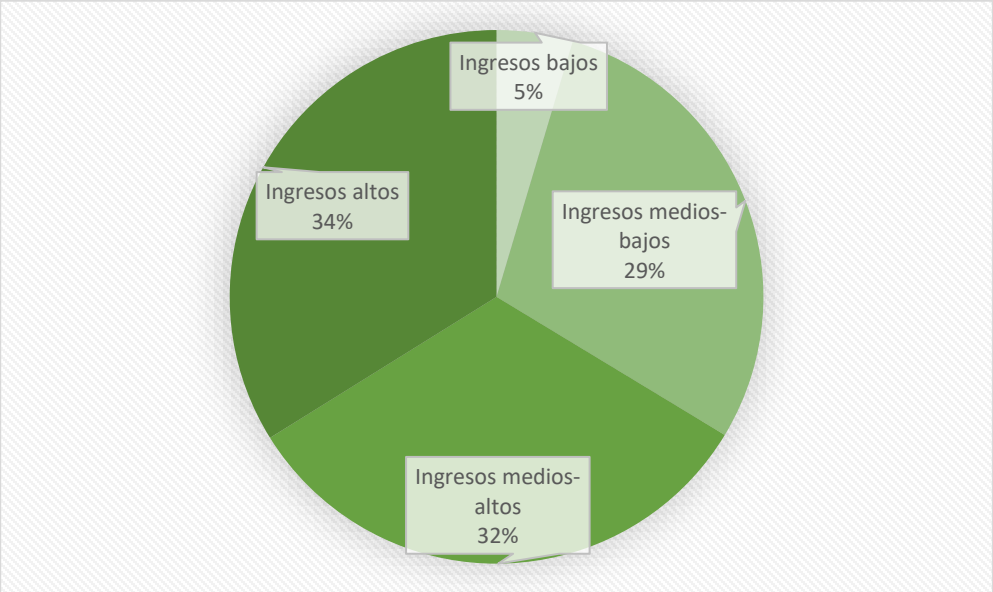
Nota. Elaborado en base a "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050" por Kaza et al. (2018).

Podemos observar que Asia Oriental y el Pacífico junto con Europa y Asia Central concentran la mayor generación de residuos a escala mundial, con participaciones del 20% y

del 23% respectivamente. En estas regiones predominan países desarrollados con altos niveles de industrialización. Por otra parte, África Subsahariana, Oriente Medio y el Norte de África presentan los menores volúmenes de residuos, zonas donde predominan países en vías de desarrollo y subdesarrollados. En la Figura 2 se representa la cantidad de residuos sólidos generados según el nivel de ingresos de la población mundial.

Figura 2

Generación de residuos por nivel de ingresos a nivel mundial.



Nota. Elaborado en base a "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050" por Kaza et al. (2018).

Como se puede evidenciar, existe una diferencia marcada en la generación de residuos a nivel mundial. Los países de ingresos altos, producen el 34% de los desechos del planeta y los países de bajos ingresos producen el 5% de los residuos totales. Además, en los países industrializados y con mayores niveles de ingreso predomina la generación de residuos inorgánicos como plásticos, papel, metales y vidrio, situación asociada a patrones de consumo más intensivos.

En el contexto ecuatoriano, la generación de residuos sólidos tiene características diferentes al de los países industrializados, ya que la fracción orgánica es la predominante (INEC, 2024). Esta situación se encuentra relacionada con los hábitos de consumo y de los niveles de ingreso de la gente (Schamber y Tagliafico, 2021). Para el diseño de políticas públicas y estrategias de recuperación de residuos, la clasificación de residuos entre orgánicos e inorgánicos podría ser considerada como uno de los puntos de partida más importantes.

1.1.1 Residuos Orgánicos

Los residuos sólidos orgánicos corresponden a desechos de origen biológico que provienen principalmente de restos de alimentos y actividades domésticas y comerciales, los cuales se caracterizan por ser biodegradables y tener un alto contenido de humedad y macronutrientes primarios como el P, K, N y macronutrientes secundarios como calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) (Jantz y Ruggerio, 2021).

En Ecuador, estos residuos representan alrededor del 52 % del total de residuos generados (INEC, 2024), y cuando su manejo en los rellenos sanitarios no es adecuado producen impactos ambientales como la emisión de metano (CH_4), un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global mayor al dióxido de carbono (CO_2) (IPCC et al., 2015). También, genera lixiviados, que son líquidos resultantes de la descomposición de la materia orgánica y que poseen una alta capacidad contaminante para los suelos y las aguas subterráneas (Chuquin y Yumbo, 2023), y económicos como los altos costos de recolección, transporte y en la producción agrícola con el alto valor en la adquisición de fertilizantes.

. Espinoza-García et al. (2025), señalan que estos residuos constituyen una materia prima estratégica siempre que su gestión se realice bajo enfoques de economía circular y bioeconomía.

1.1.2 Residuos Inorgánicos

Los residuos inorgánicos son desechos sin origen biológico que provienen de actividades domésticas, comerciales e industriales, como plásticos, vidrios, metales y papeles, y se caracterizan por su lenta degradación y alta persistencia en el ambiente (Navarro, 2020). Presentan mayores dificultades de gestión debido a la complejidad de sus procesos de reciclaje y a su permanencia prolongada en los ecosistemas, representando el 48% de los residuos recolectados a nivel nacional (INEC, 2024).

En Ecuador, la recuperación de estos materiales se mantiene entre el 4% y 6%, debido a la limitada separación en la fuente (García-Sánchez et al., 2022).

1.2. Economía Circular

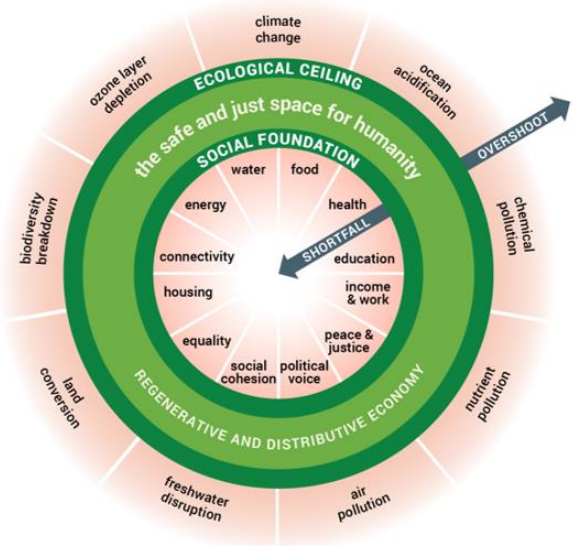
La economía circular se presenta como una alternativa al modelo lineal tradicional basado en “extraer, producir y desechar”, al proponer un sistema regenerativo que busca mantener el valor de los recursos, materiales y energía dentro del ciclo productivo durante el mayor tiempo posible (Ellen MacArthur Foundation [EMF], 2021b). Este enfoque adquiere importancia, ya que replantea al residuo no como un problema, sino como un insumo que puede integrarse en procesos productivos (Geissdoerfer et al., 2017).

Ámsterdam, capital de Países Bajos, ubicada en la región de Holanda Septentrional, fue la primera ciudad del mundo en comprometerse a una transición de economía 100% circular para el año 2050, basando su proceso en el enfoque de la Economía Donut (Raworth, 2012), que plantea una economía de carácter regenerativo, beneficioso y realista (EMF,

2024). Raworth (2017), muestra cómo se puede realizar actividades económicas dentro de límites ecológicos y sociales como se observa en la Ilustración 1.

Ilustración 1

Modelo de la Economía de la Dona de Kate Raworth



Nota. Tomado de Doughnut Economics Action Lab (2025).

El gráfico de la Dona muestra cómo debería funcionar la economía. En lugar de enfocarse solo en el crecimiento del PIB, propone que el objetivo es garantizar que todas las personas vivan bien sin destruir el planeta. El círculo interior representa el límite social, es decir, lo mínimo que toda persona necesita para vivir con dignidad (alimentación, agua, salud, educación, vivienda, igualdad, participación). Si alguien está por debajo de ese anillo, significa que vive en carencia. Raworth se basa en los Objetivos de Desarrollo Sostenible para definir esta base social (Raworth, 2017).

El círculo exterior representa el techo ecológico, que se basa en el marco científico de los “límites planetarios” en donde marca los niveles que no debemos sobrepasar para no dañar gravemente los sistemas naturales del planeta, como el clima, la biodiversidad, los océanos o los suelos. Si la economía supera ese límite, se produce degradación ambiental y

riesgo para la vida humana. Entre el límite social y el límite ecológico se encuentra el espacio seguro y justo la "dona" donde la humanidad puede prosperar de manera sostenible. Raworth (2017), menciona que, el reto del siglo XXI no es crecer sin límites, sino lograr que todas las personas satisfagan sus necesidades dentro de la capacidad ecológica del planeta.

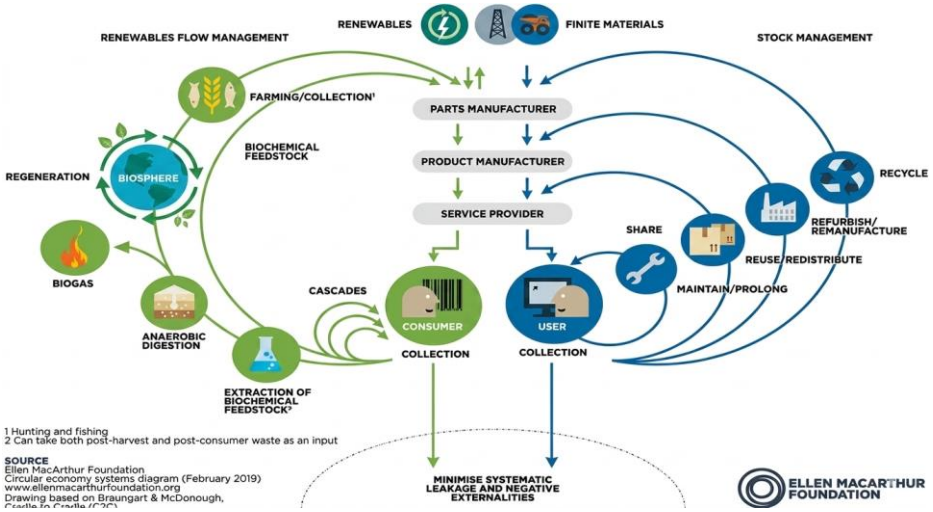
1.2.1 Principios de la economía circular

Los principios de la economía circular se aplican a partir de la distinción entre ciclos vinculados a materiales orgánicos e inorgánicos (EMF, 2021b). EMF establece tres principios fundamentales: 1) eliminar residuos y contaminación desde el diseño, 2) mantener productos y materiales en su mayor valor posible y 3) promover la regeneración de la naturaleza.

Esta visión se representa mediante el "Diagrama de la Mariposa", el cual explica la economía circular y la creación de valor, mostrando cómo los productos, componentes y materiales conservan su utilidad a lo largo del tiempo. Presenta dos ciclos, el ala derecha muestra la recuperación de materiales técnicos y el ala izquierda, describe la regeneración de los sistemas naturales (EMF, 2021a), como se muestra en la Ilustración 2.

Ilustración 2

Diagrama de la Mariposa de EMF.



Nota. Tomado del “Diagrama de la Mariposa”, por EMF (2021a).

Como se observa en la ilustración, la gestión de los nutrientes biológicos (ala izquierda) prioriza las llamadas cascadas de uso antes de que los materiales regresen al suelo, donde el flujo inicia con la extracción de biomasa (materia orgánica de origen animal o vegetal) y el consumo, y continúa hacia mecanismos de recuperación como la digestión anaerobia (proceso biológico donde microorganismos descomponen la materia orgánica) y el compostaje, siendo este último clave porque permite que los macronutrientes orgánicos como el P, N, K, Ca y S cierren su ciclo y se transformen en biofertilizantes que contribuyen a la regeneración de la biosfera, dando paso a la bioeconomía (EMF, 2021a; FAO, 2019)

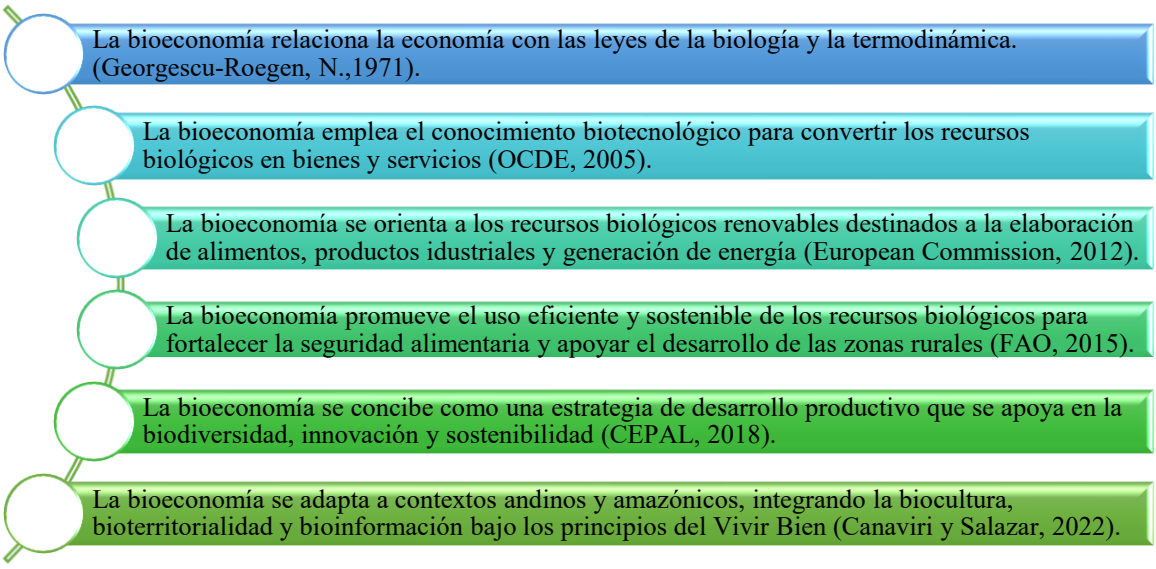
1.3. Bioeconomía

La bioeconomía se muestra como una extensión natural de la economía circular, puesto que facilita la valorización de desechos orgánicos a través de procesos biológicos, lo cual contribuye a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo local (FAO, 2019; CEPAL, 2020). Según Quiroga y Menéndez (2023), “la bioeconomía nace con la necesidad de buscar soluciones a problemas como el cambio climático, seguridad alimentaria, salud, reestructuración industrial, seguridad energética y otros” (pág. 9). Según Oborne (2010), “la bioeconomía comprende tres elementos: conocimiento biotecnológico, biomasa renovable e integración entre aplicaciones” (pág. 24).

En la Figura 3, se muestra una línea de tiempo sobre la conceptualización de bioeconomía.

Figura 3

Evolución del concepto de la Bioeconomía



Nota. Elaborado en base a Georgescu-Roegen, N. (1971), Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2005), European Commission (2012), Food and Agriculture Organization of the United Nations *(*FAO, 2015*),* Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2018) y Canaviri y Salazar (2022).

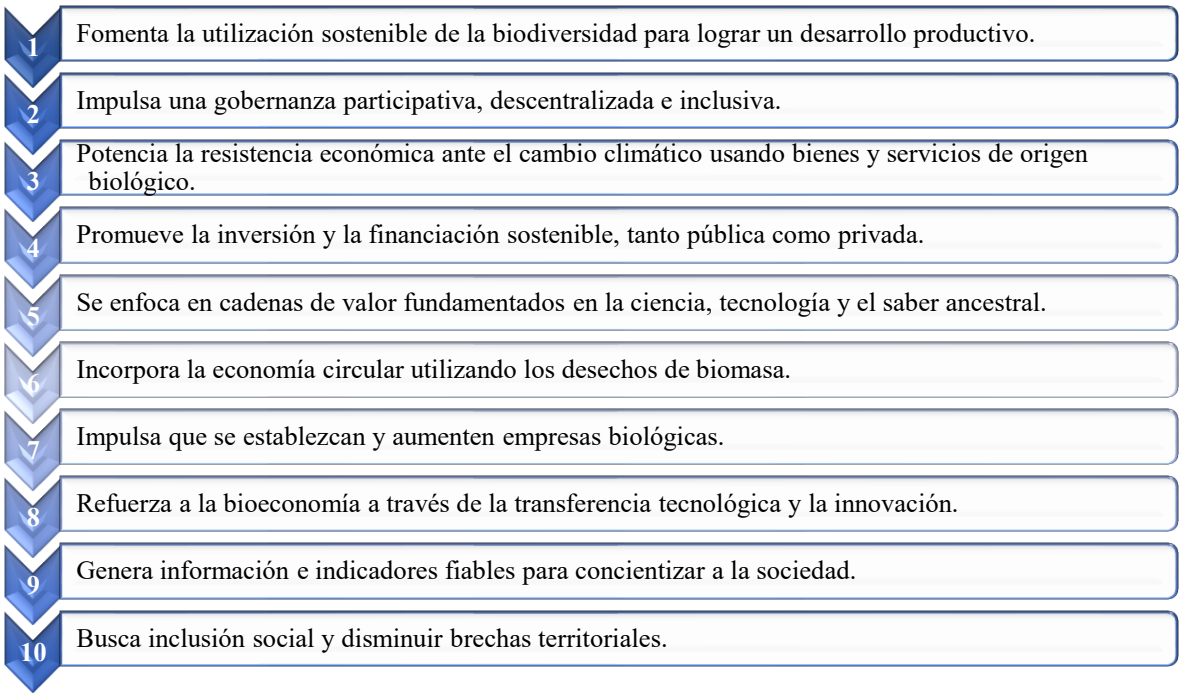
Se puede entender a la bioeconomía como un modelo de desarrollo que aprovecha la producción, transformación y recursos biológicos renovables para obtener alimentos, energía y productos con valor agregado, recuperando y reciclando macronutrientes primarios como el N, P y K, y macronutrientes secundarios como el Ca, Mg y S esenciales para la fertilidad del suelo (Bugge et al., 2016; Stegmann et al., 2020).

1.3.1 Principios de la Bioeconomía

Los principios de bioeconomía tienen como objetivo asegurar que los recursos biológicos se utilicen de manera sostenible y que contribuyan al crecimiento económico y social. Según García (2024), a partir del pacto nacional de Bioeconomía sostenible de Ecuador entre organismos públicos, privados, academia y cooperación, se obtuvo como resultado 10 principios como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Principios de la Bioeconomía Sustentable de Ecuador



Nota. Elaboración en base a "Libro Blanco de la Bioeconomía Sustentable de Ecuador" por García (2024).

Estos principios guían la aplicación de la bioeconomía como un modelo que fomenta el desarrollo sostenible, inclusivo y resiliente, a través de la utilización responsable de la biodiversidad (García, 2024).

1.3.2 Compostaje como proceso de valorización de residuos orgánicos

Dentro del marco de la bioeconomía, el compostaje se presenta como uno de los procesos de valorización más accesibles, eficientes y fáciles de adaptar a nivel comunitario y doméstico, debido a que permite aprovechar residuos orgánicos con técnicas sencillas y de bajo costo (Bugge et al. 2016).

Este proceso biotecnológico es una herramienta clave para que los desechos orgánicos vuelvan a la tierra. Al integrarse, logran transformar la calidad del suelo: optimizan su estructura física, nutren a las comunidades microbianas, equilibran el pH y facilitan tanto la aireación como la absorción del agua. Todo esto permite cerrar el ciclo de la materia orgánica,

devolviéndole la vitalidad a los terrenos (Strategy, 2018). El compostaje es un pilar de la bioeconomía circular para abandonar el modelo lineal sustituyéndola por un enfoque regenerativo donde nada se pierde y todo se transforma (European Commission, 2018).

1.3.2.1 Variaciones de compostaje

El compostaje no es un proceso único, abarca varios sistemas técnicos que varía según al tipo de residuo, el manejo biológico y los tiempos de estabilización requeridos. La elección del método es determinante, ya que cada uno influye de forma distinta en la disponibilidad de nutrientes, la rapidez con la que se descompone la materia y la estabilidad final del producto (Bernal et al., 2009; FAO, 2013). En el contexto ecuatoriano, especialmente dentro de la agricultura familiar y la gestión comunitaria, los más conocidos son el compostaje aeróbico tradicional, vermicompostaje, bocashi y el método Indore, además de variantes como el compost vegetal, de estiércol y el avicompost (INIAP, 2018).

En la Tabla 1, se muestran las diferentes variaciones que permiten adaptar el proceso a las condiciones de cada territorio, optimizando la valorización de los desechos orgánicos bajo un enfoque de bioeconomía local, transformando un problema ambiental en un recurso estratégico para la zona (FAO, 2013).

Tabla 1

Variaciones de compostaje.

Método	Procedencia	Características	Utilización	Tiempo de proceso	Aporte nutricional (macro y micronutrientes)
Compostaje Aeróbico tradicional	Residuos vegetales y estiércoles	Descomposición en pilas con volteo y oxigenación	Agricultura y recuperación de suelos	2–4 meses	N, P, K; Fe, Zn, Mn (Bernal et al., 2009)
Vermicompostaje	Residuos precompostados, *Eisenia fétida*	Digestión biológica acelerada	Agricultura orgánica intensiva	45 días–3 meses	N disponible, P soluble, K; Cu, Zn, Mn

	(lombriz roja californiana)				(Domínguez & Edwards, 2011)
Bocashi	Estiércol, carbón vegetal, melaza, suelo	Fermentación aeróbica acelerada	Agricultura orgánica	15–30 días	N, P, K; Ca, Mg, Fe (Restrepo, 2007)
Método Takakura (Indore)	Residuos domésticos urbanos	Fermentación controlada en recipientes con inoculantes	Gestión urbana	60–120 días	N, P, K estabilizados (FAO, 2013)
Compost vegetal	Hojas, podas, residuos hortícolas	Alto contenido de carbono	Mejorador estructural del suelo	3–5 meses	K, N; Fe, Mn (Bernal et al., 2009)
Compost de estiércol	Estiércol bovino/porcino	Alta carga nitrogenada	Fertilización agrícola directa	2–3 meses	N, P, K; Zn, Cu (Bernal et al., 2009)
Avicompost	Gallinaza	Alta concentración de N y P	Cultivos intensivos	2–3 meses	N, P, K; Cu, Mn (Bernal et al., 2009)

Nota. Elaborado en base a la FAO (2013); Bernal et al. (2009); Domínguez & Edwards (2011); INIAP (2018).

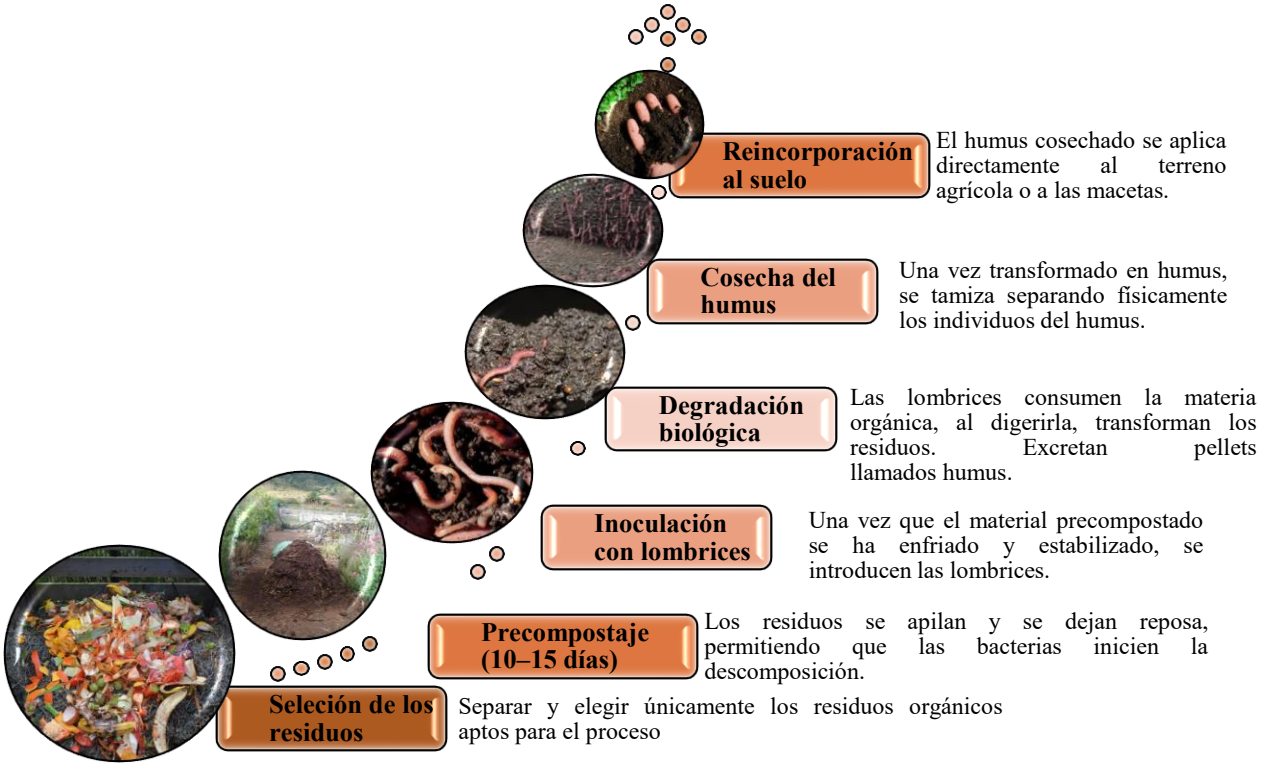
La literatura indica que los sistemas con mayor control biológico, como el vermicompostaje, presentan mayor concentración de nitrógeno disponible y fósforo asimilable respecto al compostaje convencional (Domínguez & Edwards, 2011). En contraste, el método Takakura es más utilizado en contextos urbanos por su facilidad operativa y bajo impacto ambiental (FAO, 2013). Estas variaciones permiten adaptar la tecnología a condiciones territoriales específicas dentro de estrategias de bioeconomía.

1.3.2.2 Proceso técnico de elaboración del compost

En la presente investigación se utilizará el vermicompostaje como tecnología principal para la valorización de residuos orgánicos, debido a su eficiencia en estabilización biológica y mejora en la disponibilidad de nutrientes (Domínguez & Edwards, 2011). Este proceso emplea lombrices epigeas (*Eisenia fetida*), conocida como lombriz roja californiana, que transforman la materia orgánica en humus mediante digestión enzimática y actividad microbiana asociada (FAO, 2013). En la Figura 5, se presenta el proceso de elaboración.

Figura 5

Proceso técnico de la elaboración de compost mediante el método de vermicompost.



Nota. Elaboración en base a "*Vermicomposting - Definition, Process and Advantages*" por BYJU'S (2026).

Para que este proceso sea exitoso, se requiere un control de parámetros vitales. Es necesario estabilizar la temperatura entre 20–25 °*C*, mantener una humedad de entre el 60–80% y asegurar que la relación inicial entre carbono y nitrógeno (C:N) se sitúe cerca de 25–30:1 (Domínguez & Edwards, 2011). En este contexto, la fase de precompostaje se vuelve un paso innegociable, ya que previene que el calor excesivo dañe a las lombrices (FAO, 2013). El vermicompost no solo mejora la arquitectura del suelo y su capacidad para retener agua, sino que actúa como un catalizador de la vida microbiana benéfica.

1.3.2.3 Rendimiento y calidad del compost

La calidad del producto final depende directamente de su estabilidad, su riqueza nutricional y su nivel de madurez. Durante el inicio del ciclo, la temperatura puede llegar hasta los 55–65 °C, necesario para higienizar el material y eliminar patógenos (FAO, 2013).

En la Tabla 2, se muestra los indicadores de calidad de un compost, en donde si el vermicompostaje ha alcanzado su madurez debe marcar menos de 40 °C y presentar una relación C:N de entre 10–20:1 (Bernal et al., 2009).

Tabla 2

Indicadores técnicos de la calidad del compost

Parámetro	**Rango óptimo**	**Aporte/Importancia**
Temperatura inicial	55–65 °C	Eliminación de patógenos
Temperatura final	<40 °C	Indica madurez biológica
N total	1–3%	Macronutriente esencial para crecimiento vegetal
P disponible	0.5–1.5%	Desarrollo radicular y floración
K	0.5–2%	Resistencia y regulación hídrica
Relación C:N	10–20:1	Estabilidad y ausencia de fitotoxicidad
Humedad	40–60%	Mantiene actividad microbiana

Nota. Elaborada en base a la FAO (2013); Bernal et al. (2009); Domínguez & Edwards (2011).

Respetar estos parámetros permite cuidar los nutrientes dentro del sistema suelo y planta, impidiendo que se pierdan por lixiviación o se evaporen al aire. El vermicompostaje logra estabilizar la materia orgánica y potencia el secuestro de nutrientes en la tierra al elevar la capacidad de intercambio catiónico y fomentar la retención de carbono orgánico (Bernal et al., 2009). De esta manera, el vermicompost contribuye a la fertilidad sostenible y a la mitigación de la degradación del suelo (FAO, 2013).

1.4. Gestión de residuos sólidos en Ecuador

El modelo de gestión que predomina en el Ecuador se basa todavía en una lógica lineal que comprende la generación de residuos, la recolección masiva, el transporte y la

disposición final. Este enfoque, pone en evidencia sus limitaciones frente a la saturación de los rellenos sanitarios existentes, situación que refleja una creciente preocupación ambiental y social a nivel local (Torres, 2022).

Tal como lo menciona el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2021), la gestión de residuos en la región representa entre el 30% y el 50% del presupuesto municipal destinados a las etapas de recolección y transporte. Esta situación limita la inversión en infraestructura para el tratamiento y aprovechamiento de los desechos. En Ecuador, donde el sector agrícola aporta el 7,81% del Producto Interno Bruto (PIB), situación que revela dependencia de insumos agrícolas importados, ya que casi la totalidad de los fertilizantes aplicados en el campo son externos (BM, 2020), vulnerando la economía agrícola e ignorando el valor de los residuos locales, los cuales contienen macronutrientes esenciales que podrían reincorporarse a los cultivos en lugar de ser desperdiciados.

La Tabla 3, detalla el panorama actual de la disposición final de residuos en el país (FAO, 2013).

Tabla 3

Disposición final de los residuos sólidos en Ecuador

Tipo de disposición	Porcentaje de GADs	Impacto ambiental
Relleno sanitario	59,70%	Medio
Depósito emergente	24,40%	Alto
Botadero	15,80%	Muy alto (contaminación de suelos y efectos directos en la salud)

Nota. Elaborado en base a Estadísticas de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales por INEC (2024).

La información presentada muestra que el 59,70% de los residuos recolectados se dispone en rellenos sanitarios y una proporción considerable aún termina en celdas

emergentes o botaderos (INEC, 2024). La valorización de los residuos orgánicos mediante la normativa existente en Ecuador, presenta al vermicompostaje como una estrategia para disminuir la presión sobre los sistemas de disposición final y avanzar hacia una gestión más sostenible (Molina-Morejón et al., 2025).

1.5. Marco Normativo de Economía Circular, Bioeconomía y Gestión de Residuos

El marco normativo es la base jurídica que regula la gestión de los residuos orgánicos y el compostaje en el Ecuador al definir principios, derechos y obligaciones ambientales estableciendo responsabilidades institucionales claras que permiten ordenar y respaldar estas prácticas.

1.5.1 Constitución de la República del Ecuador 2008

La Constitución de la República del Ecuador (2008), en el artículo 14, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir o *Sumak Kawsay*. Este enfoque vincula la protección del entorno natural con la calidad de vida y la responsabilidad colectiva frente al uso de los recursos

Los artículos 71 al 74 reconocen los derechos de la naturaleza y le otorgan protección jurídica ante la degradación ambiental; mientras que los artículos 395 y 396 establecen principios y medidas para prevenir impactos negativos, desde esta visión la gestión de los residuos orgánicos y el vermicompostaje se presentan como instrumentos necesarios y acordes con el marco constitucional.

1.5.2 Código Orgánico del Ambiente (COA)

El Código Orgánico del Ambiente (COA, 2017) dispone que los residuos deben ser gestionados de forma que se reduzcan los riesgos para la salud humana y el ambiente,

priorizando la reducción, la reutilización y el aprovechamiento de los desechos, conforme a lo establecido en los artículos 4 y 9, entre otros, donde se refuerza la necesidad de un manejo responsable alineado con la protección ambiental

El compostaje se consolida como una práctica coherente con los principios de prevención, sostenibilidad y responsabilidad ambiental promovidos por el COA, al permitir un aprovechamiento adecuado de los residuos orgánicos y contribuir a la disminución de impactos negativos sobre el entorno.

1.5.3 Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador

El Libro Blanco de Economía Circular del Ecuador (2021), es un instrumento estratégico de política pública que guía la transición del país hacia modelos productivos sostenibles, con la finalidad de valorizar los residuos y cerrar los ciclos materiales. “Los residuos orgánicos presentan potencial para la aplicación de técnicas de biotecnología y son químicamente transformables en materiales con valor agregado como el biogás, biofertilizantes, y carbón vegetal” (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca [MPCEIP], 2021, p. 148).

El manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos ayuda a reducir la contaminación ambiental al desviarlos de los vertederos o rellenos sanitarios, lo que disminuye el impacto negativo en las comunidades rurales.

1.5.4 Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva (LOECI)

La Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva en Ecuador establece un marco legal obligatorio para la valorización de residuos, dando prioridad al aprovechamiento sobre la simple disposición final. Según LOECI (2021), el artículo 4, numeral 1, uno de sus objetivos principales es “crear mecanismos para pasar de una economía lineal a una economía circular

inclusiva, definiendo etapas, roles institucionales, responsabilidades de productores y consumidores, sistemas de gestión inclusivos, y políticas públicas junto con financiamiento" (página 7).

Esta normativa refuerza el compostaje como una forma válida de aprovechar residuos orgánicos, conectándolo con la inclusión social y la economía popular y solidaria (LOECI, 2021, art. 4, num 2, pág. 8).

1.5.5 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)

El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD, 2010), otorga competencias exclusivas a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADMs) sobre la gestión integral de los residuos sólidos según lo establecido en el artículo 55 literal d). En el artículo 54 literal k), los municipios regularán y controlarán la contaminación ambiental de su competencia en su territorio cantonal, en coordinación con las políticas ambientales nacionales.

Estas disposiciones ponen a los municipios en una posición clave para impulsar la implementación del compostaje o vermicompostaje a escala local, ya que son los encargados de la recolección, tratamiento y disposición final de los residuos.

1.5.6 Libro Blanco de la Bioeconomía Sustentable de Ecuador

El Libro Blanco de la Bioeconomía Sustentable de Ecuador fomenta el uso eficiente de recursos biológicos y la valorización de la biomasa residual. En Ecuador, la bioeconomía se define como "una estrategia de desarrollo basada en la generación de conocimiento, uso y aprovechamiento de recursos naturales, biodiversidad, agrodiversidad y sus derivados,

contribuyendo así a una transición hacia un sistema económico, sostenible, socialmente inclusivo, competitivo y resiliente" (García, 2024, pág. 22).

1.5.7 Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS)

El Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) se creó en abril del año 2010 por la preocupación del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) por impulsar y fortalecer la gestión municipal de residuos sólidos, priorizando la disminución de la contaminación ambiental y la mejora de la calidad de vida de la población mediante estrategias de capacitación, sensibilización, coordinación técnica y estímulo de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) para maximizar los procesos de generación, recolección, tratamiento y disposición de residuos (MAE, 2010).

El PNGIDS presenta su intervención estructurada en siete componentes básicos: político, técnico, participación. inclusión económica y social, optimización de servicios, responsabilidad y corresponsabilidad, y control, seguimiento y monitoreo (MAE, 2010).

1.5.8 Normativa Técnica Ecuatoriana (NTE)

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2841 establece estándares de colores para los recipientes destinados al depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos, con el propósito de fomentar la separación en la fuente de generación y facilitar la recolección selectiva (Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2014).

La norma no detalla los procedimientos técnicos del vermicompostaje, su énfasis en la separación de los residuos sólidos orgánicos representa un paso fundamental para los procesos de aprovechamiento posteriores, incluido el compostaje.

1.5.9 Ordenanza para la gestión integral de los residuos sólidos en el Cantón Otavalo

La gestión de residuos en el cantón, se sustenta en la Ordenanza para la Gestión Integral de Residuos Sólidos en Otavalo (2011), la cual establece un sistema integral de clasificación y recolección bajo la responsabilidad del GAD Municipal y la participación activa de la ciudadanía. La base imponible para el cobro de las tasas de recolección se calculaba a partir del consumo mensual de energía eléctrica, utilizando a EMELNORTE S.A. como agente recaudador. El Ministerio del Ambiente y Energía (MAE, 2025), trasladó esta competencia a cada GAD, por lo que desde el 1 de enero del 2026 el GAD de Otavalo realiza la recaudación de la tasa de recolección a través del impuesto predial.

Además, la normativa contempla contravenciones que incluyen multas desde un 5% del Salario Básico Unificado (SBU) por arrojar basura en la vía pública, hasta el 150% del SBU por mezclar basura doméstica con desechos tóxicos y contaminados. La Reforma a la Ordenanza para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (2019), determinó que los desechos biopeligrosos generados en establecimientos de salud deben ser gestionados bajo una normativa exclusiva, eliminando estas categorías de la ordenanza general.

1.6. Importancia de los nutrientes en la agricultura

Los nutrientes son componentes esenciales para mantener la fertilidad del suelo y mejorar el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos; su recuperación mediante el vermicompostaje permite reincorporarlos al sistema productivo, contribuyendo al cierre de ciclos de materiales y a los principios de la economía circular (FAO, 2024).

1.6.1 Macronutrientes

Los macronutrientes son fundamentales para mantener la fertilidad del suelo y garantizar el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Entre ellos se encuentran el nitrógeno

(N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), requeridos en cantidades relativamente altas. El N, P y K destacan por su importancia en la producción de los cultivos, debido a su participación en procesos como el crecimiento vegetal, el desarrollo radicular y la formación de tejidos y frutos (FAO, 2024).

1.6.2 Micronutrientes

Los micronutrientes, aunque son requeridos en menores cantidades, también son indispensables para el funcionamiento fisiológico de las plantas. Entre ellos se encuentran el hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), boro (B), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y cloro (Cl). Su disponibilidad adecuada contribuye al crecimiento y productividad de los cultivos, por lo que tanto las deficiencias como los desequilibrios nutricionales pueden limitar el rendimiento agrícola (FAO, 2024).

1.7 Marco empírico

El marco empírico del presente trabajo está basado en la revisión de diversos estudios relacionados con la valorización de los residuos orgánicos a través de la realización del compostaje o vermicompostaje. Estas investigaciones tienen metodologías experimentales, descriptivas y mixtas aplicadas, principalmente en contextos comunitarios, donde se aplicaron estudios de caso, ensayos prácticos y el respectivo proceso de levantamiento de información primaria mediante encuestas, lo que les permitió analizar la reducción de los residuos sólidos, la generación del compostaje o humus de lombriz y el grado de participación de la comunidad y de esta manera, fortaleciendo la economía circular a nivel local (Tabla 4).

Tabla 4
Marco Empírico

País	Título	Autor(es)	Año	Metodología	Resultados
España	Decentralized composting of organic waste in a European rural region: A case study in Allariz (Galicia, Spain)	Comesaña, I. V., Alves, D., Mato, S., Romero, X. M., & Varela, B.	2017	Estudio de caso con enfoque mixto, donde se evaluó un sistema de compostaje descentralizado que integró prácticas domiciliarias y comunitarias, analizando los residuos orgánicos tratados y la calidad del compost durante el primer año.	El sistema permitió reducir cerca del 8 % de los residuos mezclados enviados a tratamiento centralizado y mejorar la separación en los hogares participantes, el compost obtenido presentó condiciones adecuadas para su uso agrícola, demostrando la viabilidad del compostaje descentralizado en zonas rurales.
España y Rumania	Business models of composting for a circular economy	Mihai, FC, Plana, R., Arizmendiarrieta, JS, e Irigoyen, I.	2023	El presente análisis de naturaleza cualitativa y descriptiva se fundamenta en diversas iniciativas comerciales de compostaje enmarcadas en los principios de la economía circular, evaluando aquellas prácticas mediante una valoración integral de sus componentes técnicos, dinámicas financieras y repercusiones comunitarias.	Los esquemas de gestión alineados con los principios de la economía circular potencian el aprovechamiento de los materiales orgánicos y al mismo tiempo minimizan significativamente los gastos asociados a su movilización, cobrando importancia aquellas propuestas con el involucramiento activo de los habitantes locales garantizando la viabilidad de este proceso dentro del entorno.
Países Bajos	In-home processing of organic kitchen waste using a worm-composter prototype	Elissen, H. H., Gaastra, S. S., Brandt, S. S., & van Rozen, K. K.	2022	Estudio experimental desarrollado durante 50 días, en el que se evaluó un prototipo doméstico de vermicompostaje para tratar residuos orgánicos de cocina, analizando su capacidad de procesamiento y la calidad del compost obtenido.	El prototipo logró procesar hasta el 72,6 % del residuo orgánico generado, el compost presentó una eficiencia de nitrógeno similar al estiércol y cumplió estándares de calidad, mostrando el alto potencial del vermicompostaje a escala domiciliaria

Perú	Producción y caracterización de compost derivado de residuos sólidos orgánicos urbanos	Aguirre-Illatopa, J. G., Ríos-Velasquez, E. A., & Lévano-Crisóstomo, J. D.	2024	Estudio experimental y descriptivo orientado a la producción de compost a partir de residuos orgánicos mediante pilas controladas, con seguimiento de temperatura, humedad y tiempo de maduración y posterior análisis físico químico del producto	El compost obtenido presentó pH cercano a la neutralidad, alto contenido de materia orgánica y nutrientes, lo que confirma su uso agrícola y demuestra que el compostaje permite valorizar residuos urbanos y reducir su disposición final
Ecuador	Implementación de un sistema de recolección y compostaje de residuos orgánicos para su aprovechamiento agrícola.	Bueno, J. A. S., Villota, D. A. C., & Cueva, W. P. L.	2025	Estudio con enfoque mixto que combinó análisis descriptivo y aplicación práctica mediante la implementación de un sistema de recolección diferenciada y compostaje de residuos orgánicos con fines agrícolas	El sistema incrementó la recuperación de residuos orgánicos y permitió producir compost para uso en suelos agrícolas, evidenciando mejoras en la gestión de residuos y validando la viabilidad técnica y social del compostaje dentro de la economía circular
Ecuador	Propuesta de implementación de una planta de compostaje en la ciudad de Santa Clara, Pastaza	Paredes Vega, V. H.	2022	Estudio descriptivo con análisis de factibilidad técnico económica orientado a evaluar la implementación de una planta de compostaje	El estudio determinó que la planta es técnica y económicamente viable, con capacidad para reducir la fracción orgánica de los residuos municipales y generar compost para uso local, aportando a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo territorial

Capítulo II

2. Metodología

El presente trabajo se desarrolla en la comunidad San Luis de Agualongo perteneciente a la parroquia San Juan de Ilumán, a 6,5 kilómetros de Otavalo, provincia de Imbabura. Es la más representativa de la parroquia ya que viven unas 405 familias, dedicadas sobre todo a la agricultura, la manufactura y el comercio (GAD parroquial San Juan de Ilumán, 2023). En cuanto a su composición étnica, 92,5% pertenece a la población indígena, complementados por una minoría de mestizos, blancos y afroecuatorianos.

2.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación tiene un enfoque mixto debido a que combina datos cuantitativo y cualitativo. Por un lado, se miden variables como el volumen de los residuos, los tiempos de descomposición de los residuos orgánicos y el reciclaje de nutrientes a partir del vermicompost. Por otro lado, se recogen percepciones y experiencias de los habitantes mediante encuestas, entrevistas y observación directa.

El estudio es descriptivo y exploratorio. Descriptivo porque detalla cómo se maneja actualmente la basura orgánica en la comunidad, describe las cantidades generadas y las prácticas de disposición final. Exploratorio porque en el cantón Otavalo no hay estudios previos centrados en el vermicompostaje doméstico ni en la medición de nutrientes reciclados desde los residuos orgánicos.

El diseño es experimental, de corte transversal, llevándose a cabo entre los años 2025 y 2026. Incluye una prueba práctica de vermicompostaje con la participación de 5 familias de la comunidad San Luis de Agualongo.

2.1.1 Metodología participativa

Se aplicó una metodología participativa, los hogares intervinieron directamente en el vermicompostaje doméstico. Así las familias participaron activamente en la construcción de las camas, la separación de residuos orgánicos y el mantenimiento del sistema, aprendiendo en la práctica y adoptando hábitos sostenibles para manejar sus residuos. Como referencia se usó el estudio "Decentralized composting of organic waste in a European rural region: A case study in Allariz (Galicia, Spain)" (Comesaña et al., 2017), donde se implementó un sistema descentralizado de compostaje con participación comunitaria, adaptándolo al contexto local de la comunidad.

2.2. Fuentes de información

Se emplearon fuentes primarias y secundarias. Las primarias incluyeron observación directa, encuestas a hogares de San Luis de Agualongo, entrevista a exautoridades con experiencia en la comunidad y fichas de registro para el seguimiento del proceso. Las secundarias corresponden a documentos oficiales de instituciones internacionales (ONU, PNUMA, CEPAL, BID, FAO) y nacionales (MAG, MAE COA, LOECI, COOTAD, NTE, INEC, GAD de San Juan de Ilumán y del cantón Otavalo de 2010 a 2024).

2.3 Población de análisis

La población de estudio son los hogares de la comunidad San Luis de Agualongo, parroquia San Juan de Ilumán, cantón Otavalo. Según el PDOT parroquial (GAD de San Juan de Ilumán, 2023), existe un total de 405 hogares.

Para las encuestas, se calculó una muestra de 198 hogares con un muestreo probabilístico, con un nivel de confianza del 95% y margen de error del 5% (0,05), lo que maximiza la representatividad. Los hogares se seleccionaron al azar dentro de la comunidad, de modo que todos tuvieran la misma probabilidad de ser incluidos.

Para la prueba práctica del vermicompostaje se escogieron 5 hogares participantes. Aquí se usó un muestreo voluntario: se consideró a las familias que aceptaron participar y que tenían las condiciones básicas y el interés para llevar adelante el proceso.

2.4 Instrumentos de investigación

Para la recolección de información se emplea cuatro instrumentos: encuesta, entrevista, ficha de registro y observación directa.

2.4.1 Detalle de la encuesta

La encuesta fue aplicada a 198 hogares de la comunidad San Luis de Agualongo (Anexo 1). Este instrumento estuvo conformado principalmente por preguntas cerradas estructuradas en escala de Likert de cinco opciones de respuesta, lo que permitió recoger percepciones, actitudes y niveles de conocimiento de la población. El uso de esta escala facilita la cuantificación de los datos evitando inconvenientes en su validación mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, además de brindar a los encuestados mayores alternativas de respuesta.

Para evaluar la confiabilidad de la encuesta se analizó su consistencia interna recurriendo al coeficiente Alfa de Cronbach procesado mediante un software estadístico, donde el valor llegó a 0,721, resultado que confirma una fiabilidad aceptable al demostrar que todas las preguntas diseñadas mantienen una firme correlación conjunta, facilitando de esta forma una medición estable sobre las variables analizadas (Tabla 5; Tabla 6).

Tabla 5

Procesamiento de datos en el software estadístico.

Resumen de procesamiento de casos

		N	*%*
Casos	*Válido*	*185*	*93,4*
	Excluido[a]	*13*	*6,6*

Resumen de procesamiento de casos

		N	*%*
	Total	*198*	*100,0*

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Nota. Número total de encuestados validados y excluidos.

Tabla 6

Estadística de fiabilidad en el software estadístico.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,721	11

Nota. Coeficiente de fiabilidad del instrumento de recolección de datos (encuesta).

El nivel de consistencia alcanzado demuestra que la herramienta posee una estructural oportuna para recopilar la información requerida, por tanto, dispone del sustento metodológico necesario para analizar e interpretar los resultados del presente trabajo.

En cuanto a las variables, la encuesta permite medir aspectos relacionados con: cobertura del servicio de recolección, incluyendo frecuencia, percepción del servicio, problemas identificados y disposición de residuos; impacto ambiental y de salud, como la presencia de focos de contaminación, enfermedades percibidas y gastos asociados; nivel de conocimiento sobre vermicompostaje, abarcando conocimiento general, beneficios e identificación de residuos aprovechables; disposición a participar e impacto del proyecto, considerando la aceptación del vermicompostaje, limitaciones, uso del compost y percepción de reducción de residuos; conocimiento sobre macronutrientes (NPK) y su relación con el aprovechamiento de residuos orgánicos.

2.4.2 Ficha de registro

La ficha de registro se usó en la fase experimental para seguir el proceso de vermicompostaje en los hogares participantes (Anexo 2). En este formato se registró cómo

se clasificaban los residuos, cuánto pesaban, cuánto compost se producía y una estimación de los macronutrientes reciclados según el compost obtenido.

2.4.3 Observación directa

La observación directa sirvió para recoger información cualitativa relevante sobre cómo se maneja la basura en la comunidad: la disposición de los residuos domiciliarios, rutas del carro recolector, si este se llena por completo, si los desechos atraen animales, y las condiciones de las camas de vermicompostaje ante factores como la lluvia. También se observó el cuidado que las familias participantes tenían sobre las camas, si las cubrían con hojas secas y cartón para resguardar a las lombrices.

La encuesta la validaron expertos en el tema, garantizando de esta manera que las preguntas sean claras, relevantes y coherentes (Anexo 3).

2.5. Descripción del proceso

El trabajo metodológico se hizo por etapas. Iniciamos con el levantamiento de información mediante encuestas y observación directa para ver cómo estaba el manejo de residuos en la comunidad antes de empezar.

Después continuamos con la fase experimental: construir las camas de vermicompostaje de aproximadamente 1 metros de ancho por 1 metro de largo, de acuerdo a lo que disponían en cada casa. Las camas se cubrieron colocándoles un techo y cercado, algunas de bloques y otras de tablas.

En el procedimiento primero se colocó una base de hojas secas y cartón, luego tierra y residuos orgánicos que ya habían pasado por un precompostaje y que se cortaron en tamaños pequeños. Encima se colocaron las lombrices rojas californianas, se cubrió con material seco de esta forma permitiendo que continúe su proceso de descomposición.

Durante todo el proceso se llevó el control con las fichas de registro controlando cuántos residuos orgánicos se utilizaban, las condiciones del vermicompost y la producción del compost.

2.6. Tratamiento de los datos

Para el tratamiento de los datos recolectados en las encuestas, se optó por la estadística descriptiva y la elaboración de tablas y gráficos, para organizar, resumir e interpretar la información de manera clara y ordenada, facilitando así el análisis de variables como la cobertura del servicio de recolección, la cantidad de residuos generados por los hogares, las prácticas de disposición final y las posibilidades de aprovechamiento de esos desechos.

En lo que respecta al seguimiento del proceso de vermicompostaje, se llevó un registro periódico de la cantidad de residuos orgánicos que aportaban los hogares participantes, lo que no solo brindó un panorama claro de la evolución del proceso a lo largo del tiempo, sino que también permitió estimar con cierto grado de precisión el volumen de compost finalmente obtenido y, de igual manera, la cantidad de nutrientes que fueron reciclados gracias a la acción de las lombrices.

El método de análisis elegido fue el descriptivo, debido a que se centra en caracterizar y explicar los datos tal como se presentan, sin pretender establecer relaciones causales profundas.

2.7 Método de análisis de datos

El seguimiento a las camas de vermicompostaje se apoyó principalmente en una ficha de registro, un instrumento efectivo para monitorear de manera periódica diversos aspectos clave del proceso, entre los que destacaban la cantidad de residuos orgánicos que se iban incorporando semanalmente, el estado general de las camas, la posible aparición de factores externos como la lluvia o la presencia de animales.

Este registro sistemático, permitió evaluar la evolución del proceso a lo largo del tiempo, detectar cualquier problema y, sobre todo, garantizar que las condiciones ambientales dentro de las camas sean las más apropiadas para el desarrollo de la lombriz roja californiana, las cuales son sensible a los cambios de temperatura y humedad.

Para determinar la concentración de nutrientes presentes en el humus de lombriz, se realizó un análisis fisicoquímico completo en un laboratorio experimental sobre la muestra de un kilogramo de humus obtenido del proceso, en dicho análisis se evaluaron los siguientes parámetros: pH, materia seca (MS), materia orgánica (MO), relación C/N, nitrógeno total Kjeldahl (N-TK), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu) y boro (B). Con estos resultados se calculó la cantidad total de cada nutriente reciclado.

2.8 Limitantes de investigación

Durante el desarrollo de la investigación emergieron ciertas limitaciones que, pudieron influir en los resultados finales obtenidos, y una de las más notorias fue el número reducido de hogares que participaron en la fase experimental (5 hogares), al ser una muestra pequeña difícilmente puede reflejar la diversidad de comportamientos y circunstancias presentes en la comunidad. De igual manera, al tener pocos integrantes, la cantidad de residuos orgánicos generados a semanalmente resultó bastante limitada, lo cual incidió directamente en el humus obtenido y los nutrientes reciclados.

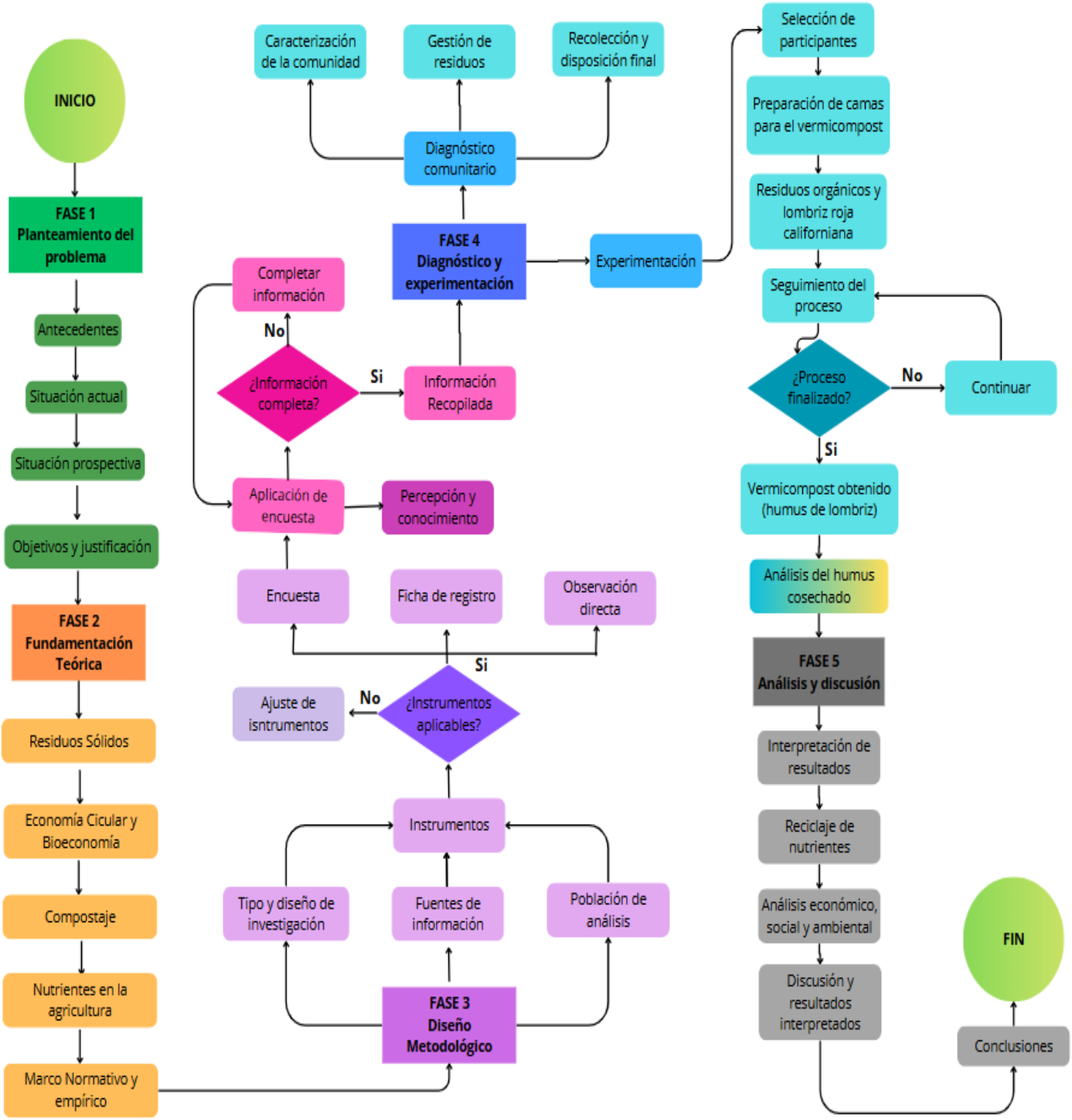
Asimismo, no todas las familias disponían del espacio físico suficiente para instalar las vermicomposteras en sus viviendas, por lo que dos de ellas tuvieron que integrarse a otras tres que sí contaban con el área requerida. Además, las restricciones vinculadas con la disponibilidad de tiempo de los participantes, no les permitían atender con regularidad el proceso, afectando así la continuidad del seguimiento y el mantenimiento adecuado de las

camas lo que afectó en la homogeneidad de la eficiencia del vermicompostaje. Otro obstáculo relevante fue las costumbres iniciales de los hogares, ya que en un principio ninguno de ellos realizaba la separación de residuos orgánicos e inorgánicos, para lo cual se desinó tiempo adicional para la capacitación y concientización.

Finalmente, los factores climáticos jugaron un papel importante, especialmente las lluvias frecuentes que alteraron las condiciones de humedad del vermicompostaje, lo que demandó mayor tiempo en el cuidado en las camas, evidenciando que existen variables externas que no se pueden controlar y que deben ser consideradas en la interpretación de los resultados.

Figura 6

Flujograma del proceso de investigación sobre economía circular y compostaje doméstico en la comunidad San Luis de Agualongo.



Capítulo III

3. Análisis y discusión de resultados

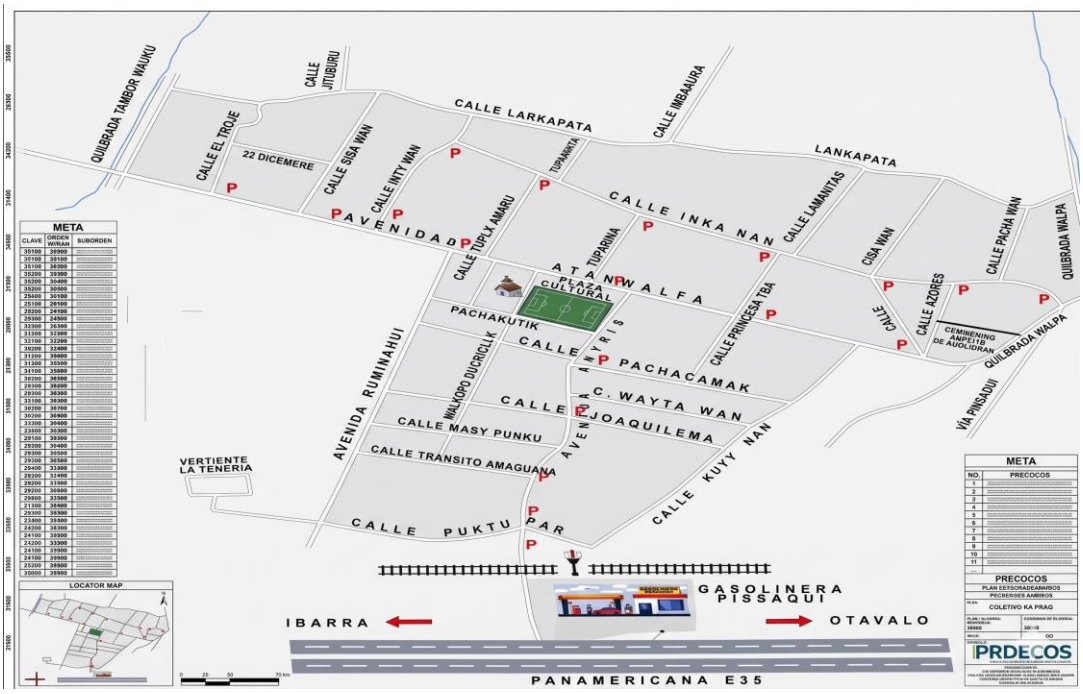
En este capítulo se exponen los hallazgos surgidos del proceso y la interpretación de los datos obtenidos de las encuestas aplicadas a los hogares de la comunidad San Luis de Agualongo. La encuesta abarcó tanto variables cuantitativas, como frecuencias y volúmenes de basura generada, como aspectos cualitativos, entre los que destacan las opiniones, hábitos y dificultades señalados por los habitantes de la comunidad.

3.1. Caracterización de la comunidad San Luis de Agualongo

La investigación se lleva a cabo en la provincia de Imbabura, cantón Otavalo, parroquia San Juan de Ilumán, en la comunidad San Luis de Agualongo (Ilustración 3). Según el PDOT parroquial 2023–2027, esta zona se encuentra a una altura aproximada de 2600 m s. n. m., con una precipitación promedio anual entre 750 mm y 1250 mm. La temperatura oscila entre los 9 °C y 22 °C debido a la cercanía con el volcán Imbabura (*Taita Imbabura*), presentando alta humedad en temporada de lluvias, generalmente entre enero y mayo, y niveles moderados durante el resto del año.

Ilustración 3

Croquis de la Comunidad San Luis de Agualongo.



Nota. PDOT San Juan de Ilumán (2023).

En la Tabla 7 se detallan las coordenadas geográficas de la comunidad.

Tabla 7

Coordenada Geográfica de la ubicación de la comunidad San Luis de Agualongo.

Latitud Norte	**30.414**
Longitud Oeste	808.344
Norte de la Ciudad de Otavalo	6,5 km
Sur de la Ciudad de Ibarra	14,5 km

Nota. Elaborado en base a PDOT San Juan de Ilumán (2023).

Se observa que la distancia de la comunidad a la ciudad de Otavalo es corta, mientras que la distancia a Ibarra es de 14,5 km.

3.1.1 Aspectos ambientales del entorno

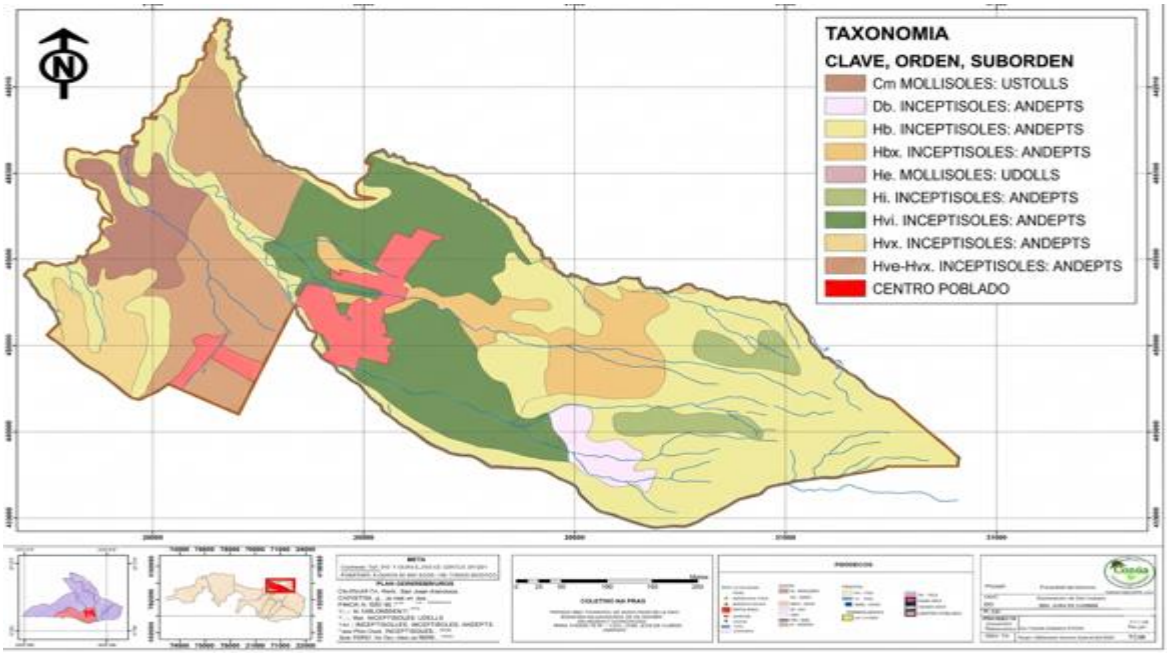
De acuerdo con el PDOT (GAD San Juan de Ilumán, 2023), los suelos que predominan en el territorio son de origen volcánico y se agrupan principalmente en dos grandes categorías: i) los Inceptisoles, que son suelos jóvenes con un desarrollo moderado y una aptitud agrícola destacable, y ii) los Mollisoles, que se caracterizan por su elevado

contenido de materia orgánica y una fertilidad natural muy superior al promedio, condiciones que crean un escenario ideal para que las actividades agrícolas florezcan dentro de la comunidad.

En la Ilustración 4 se aprecia el mapa de suelos correspondiente a la parroquia, donde los colores verdes delimitan las zonas con predominio de Inceptisoles, unos terrenos que destacan por su buena capacidad para sostener cultivos y retener la humedad, mientras que los tonos cafés señalan la presencia de Mollisoles, considerados entre los más fértiles gracias a su abundante materia orgánica. El color rojo, identifica los centros poblados y los asentamientos humanos dispersos en el área.

Ilustración 4

Mapa de suelos los suelos de la parroquia San Juan de Ilumán.



Nota. PDOT San Juan de Ilumán (2023).

La cobertura vegetal en las zonas altas cercanas al volcán cumple una función vital, ya que actúa como una esponja natural que favorece la filtración del agua y permite su almacenamiento para épocas de menor lluvia. Esta condición resulta especialmente valiosa

ya que el 39% del suelo del territorio posee una elevada capacidad para retener la humedad, lo que repercute de manera directa en el rendimiento de los cultivos y en la estabilidad de la producción agrícola. Sin embargo, según el PDOT, advierte una disminución de las áreas verdes debido a la expansión poblacional.

Por otra parte, existe una constante presencia de fauna doméstica, especialmente perros y gatos, que deambulan por las calles que, al buscar entre los desechos, contribuyen a esparcir la basura generando focos de infección y malos olores. Esta situación se ve agravada debido a la carencia de iniciativas formativas que enseñen a la población a manejar sus residuos de manera responsable, también la falta de conciencia colectiva y de estímulos que impulsen a cada persona a modificar sus rutinas diarias en beneficio del entorno.

En la visita de campo se observó una gestión inadecuada de los desechos domiciliarios. Si bien, el carro recolector pasa en horas de la tarde, durante la mañana los habitantes ya sacan la basura y la depositan en las aceras lo que genera acumulación de residuos y posibles focos de contaminación (Fotografía 1).

Fotografía 1

Condiciones del entorno



Nota. Foto de las condiciones del entorno de la comunidad.

Las características del medio físico (comunidad rural y vías mixtas, algunas se encuentran adoquinadas, otra parte empedrado y otras son de tierra) junto con la distribución de las viviendas repercuten directamente sobre la cantidad de basura acumulada, agravando las dificultades vinculadas al escaso alcance del sistema de recolección, constituyéndose en un elemento fundamental para analizar el problema central del presente trabajo.

3.1.2 Diagnóstico general de la gestión de residuos sólidos

En la comunidad San Luis de Agualongo, el manejo de residuos sólidos se realiza principalmente a través del servicio de recolección municipal. A partir de la observación de campo, se evidencia que no existe una gestión integral de residuos, ya que no se aplican prácticas como la separación en la fuente mediante tachos diferenciados en los hogares ni existe un programa de reciclaje municipal.

Además, se identificó que los residuos son colocados en esquinas o espacios abiertos varias horas antes del paso del carro recolector, debido a que la comunidad no cuenta con

contenedores comunitarios ni puntos establecidos para el depósito temporal de basura. Esta situación provoca acumulación de residuos, malos olores y dispersión de desechos por acción de animales como perros y gatos.

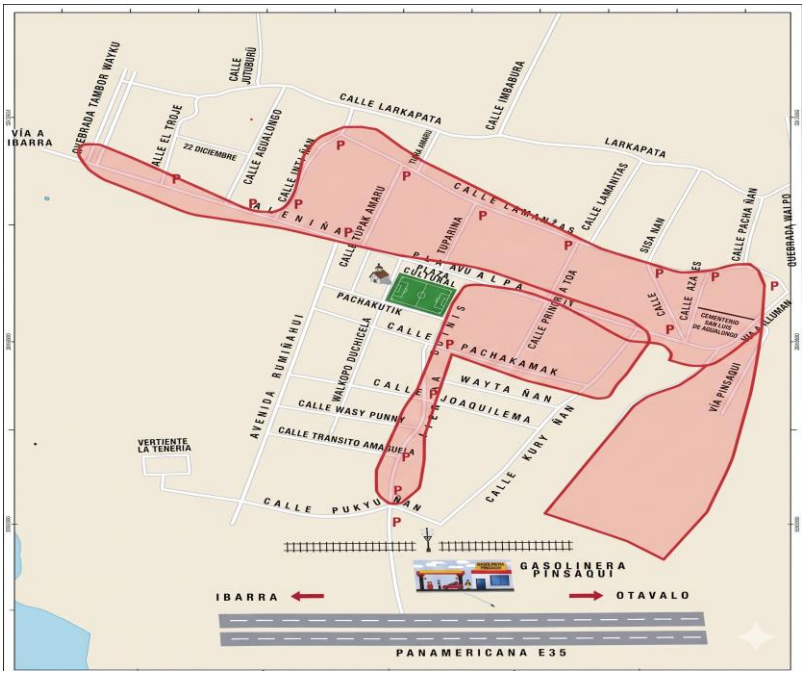
3.1.3 Funcionamiento del servicio de recolección

El servicio de recolección de residuos en la comunidad es proporcionado por el municipio mediante un vehículo recolector que opera dos días a la semana: lunes y jueves, en horarios entre las 16h00 y 17h00.

Es importante señalar que no existe una recolección diferenciada, el carro recolector recoge tanto residuos orgánicos como inorgánicos de manera conjunta y en su depósito final tampoco existe separación. En la Ilustración 5, se muestra el recorrido del carro recolector.

Ilustración 5

Rutas del carro recolector



Nota. PDOT San Juan de Ilumán (2023).

El recorrido inicia con el vehículo ya parcialmente lleno desde sectores cercanos a la vía Panamericana E35, avanza por la calle principal (avenida Los Shyris), cubre

principalmente las zonas cercanas a vías adoquinadas y asfaltadas, y desciende por la vía hacia Pinsaquí. La recolección se limita a las vías principales, sin cobertura en sectores más alejados o de difícil acceso. Además, se observó que el camión recolector se encuentra saturado durante su recorrido, lo que reduce la eficiencia del servicio.

De acuerdo con los resultados de la encuesta aplicada, el 65% de los encuestados considera que existen problemas en el servicio de recolección, el porcentaje restante no lo percibe como un problema significativo. Entre los principales problemas identificados por la población, el 26% considera que la principal dificultad es la baja cobertura del servicio, el 25% señala la acumulación de grandes cantidades de basura, y el 24% indica la falta de separación de residuos.

Estos resultados evidencian que la problemática no solo está relacionada con la frecuencia del servicio, sino también con la forma en que se gestionan los residuos en la comunidad, siendo uno de los principales obstáculos para avanzar hacia un modelo economía circular sostenible (García-Sánchez et al., 2022). Asimismo, Bueno et al. (2025) señalaron que la implementación de sistemas de recolección diferenciada incrementa la recuperación de residuos orgánicos y mejora la gestión integral de residuos sólidos.

Por otra parte, la falta de separación en la fuente observada durante el trabajo de campo coincide con la realidad nacional reportada por la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (2025), que señala que el 31,7% de los municipios ecuatorianos ha iniciado procesos formales de clasificación de residuos en origen.

3.1.4 Disposición final de residuos

Los residuos sólidos generados en la comunidad San Luis de Agualongo son trasladados hacia el relleno sanitario de Carabuela, ubicado aproximadamente a 6,5 km del cantón Otavalo, en la parroquia San Juan de Ilumán.

Este relleno sanitario fue construido en el año 2003 e inició su funcionamiento en el año 2004, con una vida útil proyectada de 15 años, la cual se estimaba hasta el año 2019. En la actualidad esta infraestructura que ya cumplió su vida útil se encuentra saturada, debido al incremento de los volúmenes de residuos asociado al crecimiento poblacional del cantón y sus parroquias.

Inicialmente, el relleno fue diseñado para recibir entre 35 y 45 toneladas diarias de residuos sólidos. Según información del municipio, actualmente se receptan 75 toneladas diarias, lo que representa una sobrecarga cercana al 50% de su capacidad máxima. De este total, alrededor de 20 toneladas corresponden a residuos orgánicos que son recuperados y tratados, provenientes únicamente de la ciudad ya que practican la diferenciación de la basura, por otra parte, los residuos orgánicos que llegan de las comunidades vienen mezclados y al no existir una diferenciación previa son destinados a disposición final sin un tratamiento previo (GAD Municipal de Otavalo, 2023).

Este sistema de disposición final recibe residuos provenientes de distintas parroquias y comunidades del cantón Otavalo, incluyendo la parroquia San Juan de Ilumán, a la cual pertenece la comunidad San Luis de Agualongo, lo que incrementa la presión sobre la capacidad operativa del relleno sanitario.

En julio de 2025, el Municipio de Otavalo construyó un nuevo cubeto (celda) de disposición final, con una vida útil estimada de entre 3 y 4 años, lo que implica que su operatividad se extendería aproximadamente hasta el período 2028–2029, dependiendo del

volumen de residuos gestionados (GAD Municipal de Otavalo, 2025). Aunque existe un sistema formal que recolecta transporta, recupera, trata o entierra los residuos en disposición final su eficiencia se ve limitada tanto por la saturación del relleno sanitario como por las deficiencias en la recolección de residuos en la comunidad, lo que contribuye a la persistencia de prácticas inadecuadas de manejo de desechos a nivel local.

La situación identificada en el relleno sanitario de Carabuela refleja una problemática que se repite en numerosos territorios de América Latina, donde el incremento en la generación de residuos supera progresivamente la capacidad de las infraestructuras existentes. Según Kaza et al. (2018), el crecimiento poblacional y los cambios en los patrones de consumo continúan aumentando la presión sobre los sistemas de disposición final, reduciendo la vida útil de los rellenos sanitarios.

Desde la perspectiva de la economía circular, la disposición directa de materia orgánica implica la pérdida de recursos potencialmente aprovechables que podrían reincorporarse al sistema productivo mediante procesos como el compostaje (Geissdoerfer et al., 2017). Por esta razón, la saturación observada en el relleno sanitario evidencia la necesidad de fortalecer alternativas de valorización de residuos que permitan disminuir el volumen de desechos enviados a disposición final.

3.2. Aprovechamiento de residuos orgánicos.

Con el objetivo de conocer el nivel de conocimiento de la comunidad frente al vermicompostaje doméstico y el aprovechamiento de residuos orgánicos, se analizaron aspectos relacionados con el manejo de la basura, la percepción ambiental y las consecuencias generadas por una inadecuada disposición de los residuos sólidos. Se utilizaron los resultados obtenidos mediante las encuestas aplicadas a los habitantes de la comunidad, complementados con la entrevista realizada al expresidente de la comunidad y

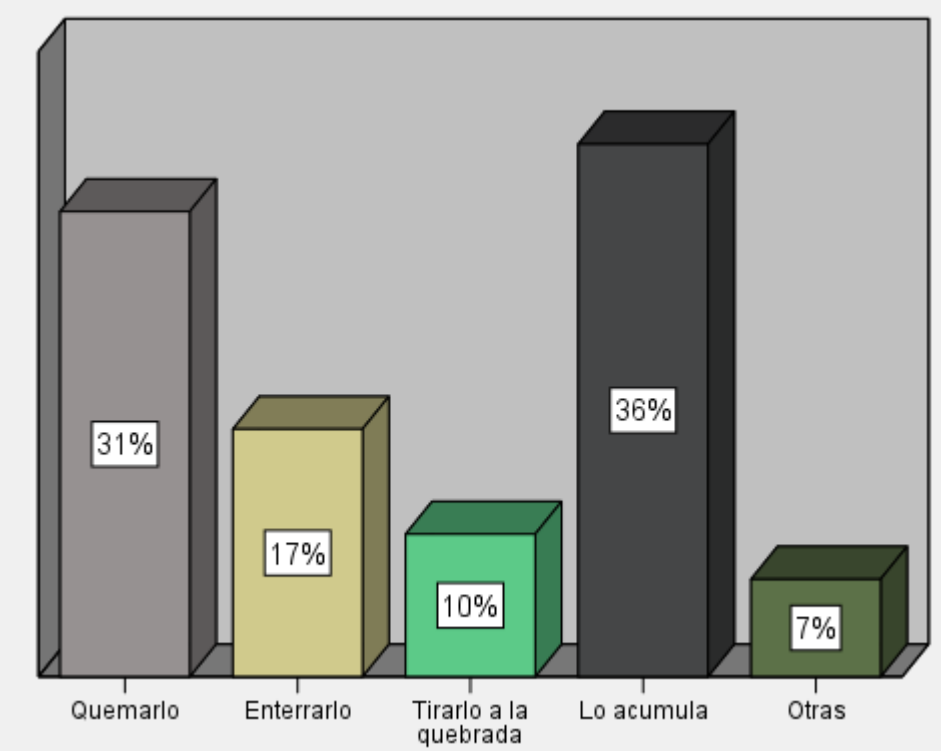
actual presidente de la Unión de Comunidades y Barrios Indígenas y Campesinas de Ilumán (UNICOBICI).

3.2.1 Manejo de residuos y percepción ambiental en la comunidad

El manejo de los residuos sólidos dentro de la comunidad permite identificar el nivel de conciencia ambiental y las prácticas adoptadas por la población cuando existen deficiencias en el servicio de recolección. Ante las fallas en el servicio de recolección de basura, la población adopta diferentes mecanismos para deshacerse de los residuos sólidos (Figura 7).

Figura 7

Acciones que realizan los habitantes de la comunidad ante la escasa frecuencia del servicio de recolección.



Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a los habitantes de la comunidad San Luis de Agualongo (2026).

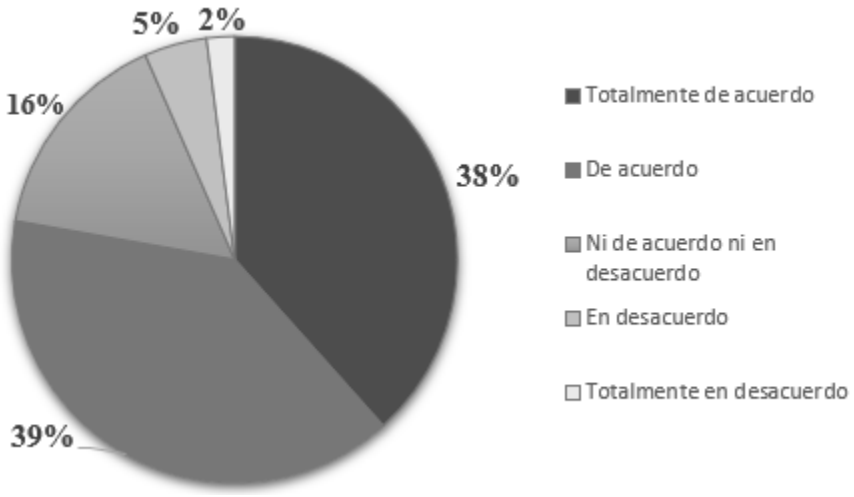
Los resultados muestran que el 36% de los encuestados opta por acumular la basura cuando el servicio de recolección falla, sin embargo, de acuerdo a los encuestados esta acumulación no la realizan dentro de sus casas sino las colocan en las aceras por donde pasa el servicio de recolección, pero al no contar con contenedores este es dispersado por los animales que pasan cerca de estos lugares. La acumulación temporal de residuos observada en la comunidad evidencia que, frente a las limitaciones del servicio de recolección, los habitantes adoptan soluciones inmediatas que terminan generando nuevos impactos ambientales. Situaciones similares han sido documentadas por López-Yamunaqué y Iannacone (2021), quienes identificaron que la insuficiente cobertura de los sistemas de gestión favorece prácticas informales de disposición en espacios públicos.

Por otro lado, el 30% usa otras alternativas como quemar la basura, lo que produce emisiones de CO_2 generando un impacto negativo al medio ambiente, y sólo el 7% tiene indicios de reutilización de los residuos orgánicos optando por utilizarlo como comida para sus animales o tirarlo al terreno como abono, aunque no tienen un debido proceso antes de hacerlo lo que puede ser perjudicial para la tierra por los lixiviados y las emisiones que genera. Diversos organismos internacionales han advertido que las formas inadecuadas de gestión de residuos contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero y al deterioro de la calidad ambiental local (IPCC, 2015; UNEP & CCAC, 2021).

En la Figura 8 se muestra que una mayoría de los encuestados considera que la acumulación de basura tiene un efecto negativo en el medio ambiente, ya que este es dispersado por la fauna de la comunidad atrayendo a vectores infecciosos que afectan a la salud de las personas.

Figura 8

Grado de conformidad respecto a que la acumulación de basura genera problemas ambientales



Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a los habitantes de la comunidad San Luis de Agualongo (2026).

Cabe recalcar que menos del 5% de la población no percibe a la acumulación de basura en las aceras como un problema, ya que cerca de sus viviendas no se da con gran frecuencia. La acumulación de basura genera problemas ambientales en el entorno e incluso afecta a la salud de las personas, principalmente a quienes transitan o viven cerca de estas acumulaciones. El 20% de los encuestados manifestaron que pudieron haber contraído alguna enfermedad asociada a la inadecuada disposición de los residuos, esto puede relacionarse con prácticas como la quema que emiten gases de efecto invernadero, tirarlo a las quebradas lo que acumula vectores o acumulación de basura en lugares u horarios inadecuados.

Sin embargo, esta afirmación puede no ser precisa ya que las enfermedades contraídas pudieron ser influenciadas por otros factores, a pesar de ello la percepción de los habitantes coincide con investigaciones que reconocen la existencia de riesgos sanitarios asociados a la disposición inadecuada de materia orgánica, especialmente cuando esta permanece expuesta durante períodos prolongados (Vera et al., 2024).Las personas que manifestaron haberse

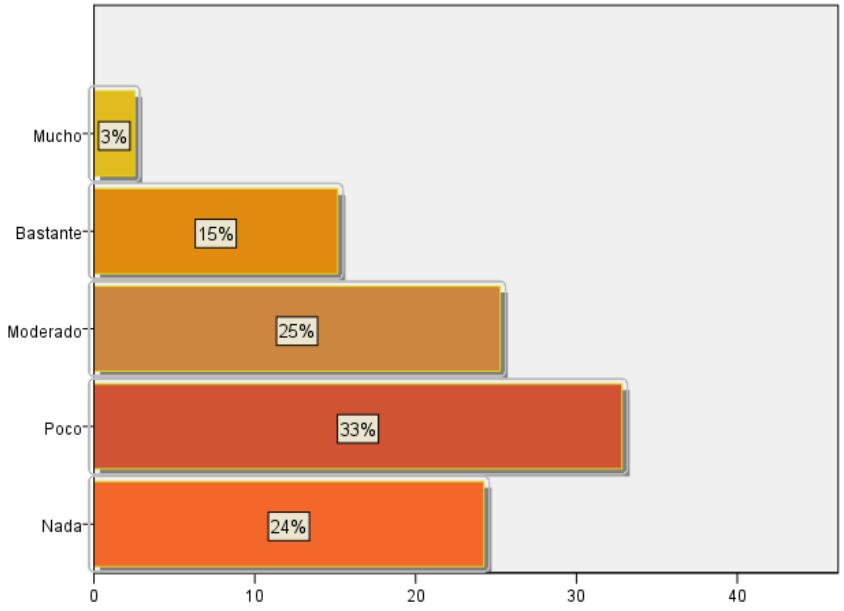
enfermado, mencionaron que tienen un gasto promedio de 33 dólares estadounidenses por cada curación o tratamiento médico, mostrando que además de generar un efecto en el medio ambiente también trae consecuencias para la salud y los ingresos económicos de los habitantes de la comunidad. Estos resultados tienen relación con lo planteado por Paredes Vega (2022), en donde los sistemas de compostaje constituyen una alternativa técnica y económicamente viable para reducir tanto la presión de los rellenos sanitarios como para las familias que se ven afectados por este problema.

3.2.2 Conocimiento sobre el compostaje

En relación con el nivel de conocimiento del proceso de compostaje, en la Figura 9 se presenta los porcentajes que los habitantes de la zona han adquirido sobre esta práctica.

Figura 9

Conocimiento sobre el proceso del vermicompostaje en los moradores de la comunidad del año 2026.



Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a los habitantes de la comunidad San Luis de Agualongo (2026).

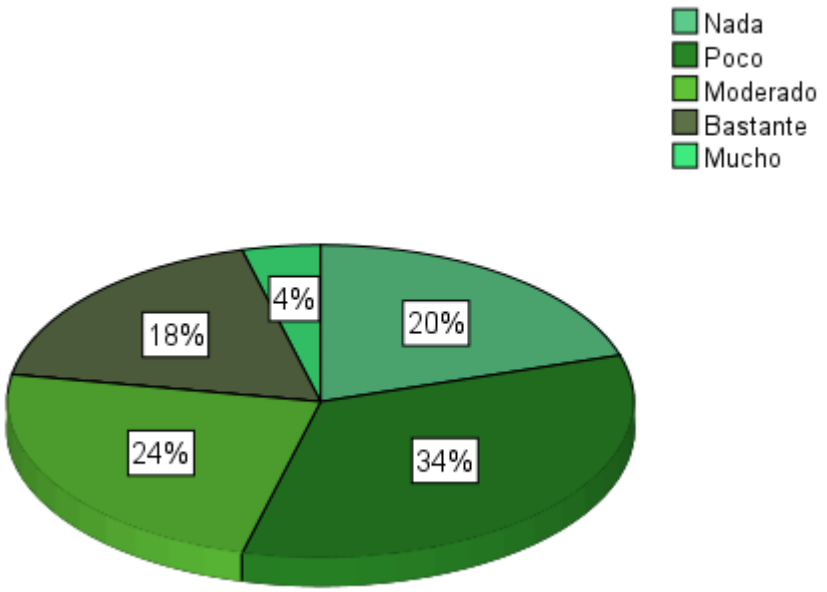
Cerca del 25% de los encuestado no conocían sobre este proceso y término. De igual manera, el presidente de la UNICOBICI mencionó que los habitantes no tenían conocimiento teórico, pero si realizaban este tipo prácticas aprovechando los residuos orgánicos al colocarlos en sus terrenos. Esta costumbre existía antes de la instauración del servicio de recolección implementado por parte del Municipio de Otavalo, tiempo en que se le daba un valor para la tierra. En la actualidad al tener el servicio de recolección, la población considera a sus desechos como basura.

Sin embargo, experiencias desarrolladas en España en años recientes demuestra que el compostaje comunitario puede recuperar nuevamente esa valorización de los residuos que tiempo atrás se les daba y disminuir significativamente la cantidad de desechos enviados a disposición final (Comesaña et al., 2017) reduciendo costos operativos para el municipio.

Al investigar sobre la existencia de alguna iniciativa o experiencia en lugares en donde realizan esta práctica dentro o fuera de la comunidad, el 96% manifestó no conocer ninguna, teniendo relación con el nivel de conocimiento sobre este término. Únicamente el 4% de los encuestados conocían casos de compostaje en otras comunidades y ninguno en la comunidad San Luis de Agualongo. Por otro lado, el 22% de la población tiene conocimiento sobre los beneficios del vermicompostaje (Figura 10).

Figura 10

Conocimiento sobre los beneficios del vermicompostaje en las plantas y los suelos.

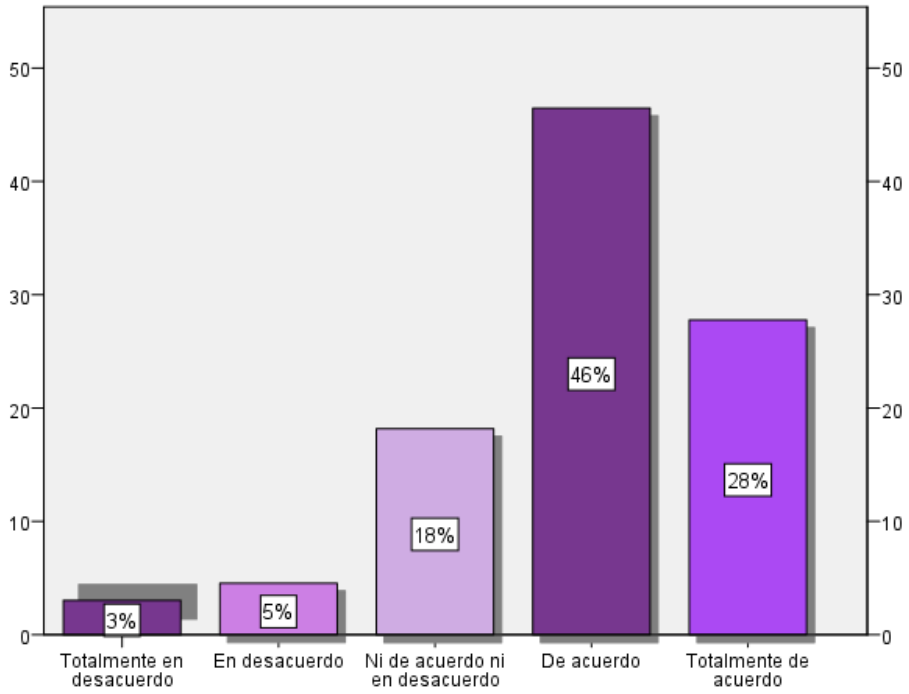


Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a los habitantes de la comunidad San Luis de Agualongo (2026).

Aproximadamente el 75% de la población de la comunidad percibe al vermicompostaje como una alternativa ambiental positiva (Figura 11). Aguirre-Illatopa et al. (2024) concluyeron que el compostaje permite recuperar nutrientes y valorizar residuos orgánicos, reduciendo simultáneamente la cantidad de basura destinados a disposición final. Un 8% de la población no lo considera como una opción beneficiosa, esto podría relacionarse con el limitado conocimiento sobre la parte teórica del proceso del vermicompostaje y los resultados que se obtienen.

Figura 11

Percepción de los habitantes de la comunidad sobre el compostaje como opción positiva para reducir la basura.



Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a los habitantes de la comunidad San Luis de Agualongo (2026).

Los resultados sobre los beneficios que brinda el vermicompostaje a los suelos y plantas son similares a los que reconocen que es una alternativa positiva para reducir la basura. Se puede afirmar que esta iniciativa siempre se identifica como una práctica ambiental positiva. Esta percepción favorable hacia el vermicompostaje observada en la mayoría de la población de la comunidad constituye una condición importante para futuras iniciativas comunitarias. Según Mihai et al. (2023), los modelos de compostaje que incorporan participación ciudadana presentan mayores posibilidades de permanencia en el tiempo debido al compromiso generado entre los participantes.

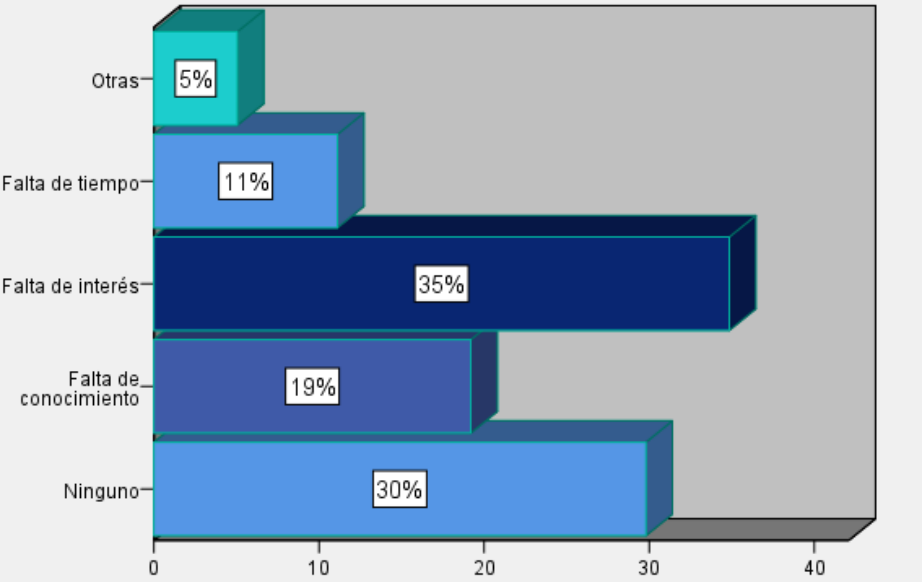
En relación con los residuos que pueden utilizarse para realizar el vermicompostaje, el 30% de la población identificó cáscaras de frutas y verduras, sobre el tipo de residuos que pueden ser aprovechados y usados en este tipo de procesos, y el 27% identifica a los restos de los animales (cuy, gallina y vaca) que pueden ser utilizados en las camas, sin embargo, de

acuerdo a la observación de campo estos restos ya son utilizados y aprovechados en sus cultivos, mostrando conocimiento sobre el tipo de residuos que pueden ser usados. Sin embargo, existe confusión en algunos habitantes sobre el uso de restos de comida procesada como insumo para realizar vermicompostaje. En la entrevista realizada a un dirigente de la comunidad, este mencionó que antes al no contar con el servicio de recolección, los habitantes aprovechaban todos los residuos orgánicos generados, botándolos a sus terrenos como abono, lo que podría ser perjudicial para el ambiente ya que generan malos olores que podrían atraer vectores infecciosos confirmando que existen limitaciones en cuanto al conocimiento sobre el compostaje.

En cuanto al nivel de disposición a participar en la elaboración de las camas de vermicompostaje (Figura 12), un 30% de la población de la comunidad no tenían limitaciones, mostrando una mayor disposición para poder implementar esta práctica como alternativa para reducir la cantidad de basura y el impacto ambiental que este genera. Sin embargo, el 65% presentó diferentes limitaciones para poder implementar esta iniciativa como la falta de interés, de conocimiento y de tiempo. Por otro lado, un 5% señaló limitaciones relacionadas con el espacio disponible, lo cual también fue evidenciado al momento de realizar la fase experimental en la que algunos participantes no contaban con un lugar adecuado en sus domicilios para instalar las camas y su alternativa fue trabajar conjuntamente con otros participantes.

Figura 12

Limitaciones percibidas para implementar el vermicompostaje.



Nota. Datos obtenidos de la encuesta aplicada a los habitantes de la comunidad San Luis de Agualongo (2026).

Los resultados obtenidos mediante las encuestas coinciden con lo manifestado por el presidente de la UNICOBICI, quien señaló que anteriormente la comunidad daba un mayor aprovechamiento a los residuos orgánicos, utilizándolos en terrenos propios, pero con el paso de los años la expansión poblacional y el crecimiento de viviendas han reducido progresivamente los terrenos dentro de la comunidad. Esta situación hizo que las personas se desplazaran a otras actividades económicas, como el comercio y el sector textil coincidiendo con lo expuesto en el PDOT parroquial (GAD de San Juan de Ilumán, 2023).

De igual manera, el funcionario también manifestó que el aprendizaje sobre el vermicompostaje doméstico podría fortalecer el cuidado de la tierra y las prácticas comunitarias, pero que actualmente existe menor interés debido a la falta de espacio para implementar esta práctica y a los cambios en las actividades productivas, justificando los resultados de la encuesta.

3.3 Etapa experimental y recuperación de macronutrientes

Con la finalidad de determinar la cantidad de macronutrientes recuperados a partir de los residuos orgánicos generados en los hogares participantes, se desarrolló una fase experimental basada en la recolección, tratamiento y aprovechamiento de dichos residuos mediante vermicompostaje. Esta etapa permitió evaluar la cantidad de residuos orgánicos producidos, el compost obtenido y la recuperación potencial de nutrientes esenciales para el suelo, específicamente del NPK. Asimismo, se realizó un seguimiento continuo del proceso mediante instrumentos de registro y observación, con el fin de documentar las condiciones del experimento y los resultados obtenidos.

3.3.1 Descripción de la fase experimental

La fase experimental se desarrolló durante un período de 3 meses, comprendido entre los meses de marzo y mayo de 2026. Durante este tiempo se llevó a cabo la recolección y aprovechamiento de residuos orgánicos generados por habitantes de la comunidad San Luis de Agualongo, con el objetivo de producir compost y estimar la recuperación de macronutrientes presentes en dichos residuos (Fotografía 2).

Fotografía 2

Reunión de socialización del desarrollo de la fase experimental



Nota. En la imagen se observa el momento en que la directora, el asesor, la autora de la investigación y las 5 familias que colaboran con el proyecto mantienen una reunión de socialización del proceso de vermicompostaje.

El proceso incluyó la separación de residuos orgánicos, el registro periódico de las cantidades recolectadas, la elaboración de camas del vermicompostaje, el monitoreo de las condiciones del proceso y la evaluación de humus obtenido. La información fue recopilada mediante instrumentos diseñados para registrar tanto la generación de residuos como los resultados derivados del vermicompostaje.

Participantes del estudio

La fase experimental contó con la participación de cinco hogares de la comunidad San Luis de Agualongo, quienes colaboraron voluntariamente en el desarrollo de la investigación. Cada participante realizó la separación y recolección de los residuos orgánicos generados en su hogar durante el período de estudio. Dos participantes, al no contar con espacio en su vivienda, trabajaron conjuntamente con otros hogares. Esta situación refleja una limitación práctica que puede presentarse al implementar alternativas de gestión de residuos a nivel domiciliario. A pesar de ello, la participación conjunta permitió continuar con el proceso experimental sin afectar la recolección de información.

Posteriormente, con el propósito de caracterizar a los participantes de la fase experimental y conocer la cantidad de residuos generados en cada hogar, se registró el número de integrantes, el total de residuos orgánicos e inorgánicos producidos durante el período de seguimiento. Esta información permitió identificar posibles diferencias en la generación de residuos entre los participantes y constituye un punto de partida para comprender la disponibilidad de materiales que se pueden aprovechar (Tabla 8).

Tabla 8

Número de integrantes del proceso de vermicompostaje.

Participante	Número de integrantes del hogar	Total de residuos orgánicos recolectados (kg)	Total de residuos inorgánicos recolectados (kg)	Total de Residuos Generados (kg)	Observaciones
Participante 1	4	63,20	28,69	91,89	
Participante 2	2	46,30	15,60	61,90	
Participante 3	3	55,20	15,60	70,80	Esta participante se unió a la participante 1
Participante 4	4	87,10	26,60	113,70	Este participante se unión a la participante 5
Participante 5	3	65,00	20,20	85,20	
Total		316,8	106,69	423,49	

*Nota***.** Elaboración en base a ficha de observación y visita de campo a la comunidad.

Los resultados muestran una variabilidad importante en la cantidad de residuos generados por los hogares que participaron en el experimento. El participante 4 registró la mayor generación de residuos orgánicos e inorgánicos con 87,10 kg y 26,60 kg respectivamente, por otro lado, el participante 1 con la misma cantidad de integrantes generó 63,2 kg de residuos orgánicos y 28,69 kg en inorgánicos, siendo este mucho menor al mencionado anteriormente y el participante 2 presentó el valor más bajo con 46,30 kg en orgánicos y 15,60 kg en inorgánicos. Además, tenemos que considerar un aspecto importante como el total de la generación de residuos orgánicos e inorgánicos, evidenciando que la cantidad de desechos orgánicos es tres veces mayor a la de los inorgánicos. Por lo tanto, una práctica ambiental como el compostaje representaría también beneficios económicos para el municipio por reducción de costos.

Estos resultados guardan relación con Obsa et al. (2022), quienes en su estudio realizado en Sheshemene, Etiopía, evaluaron la generación de residuos sólidos domiciliarios

en 90 hogares, determinando que por hogar la generación total de residuos fue aproximadamente de 0,63 kg al día obteniendo alrededor de 324 kg a los tres meses, siendo una cantidad mayor al obtenido en el presente estudio, esta diferencia puede estar vinculada principalmente al número de integrantes por hogar, por desagregación urbana y rural, por estacionalidad. El 80% corresponde a la fracción orgánica (257,10 kg), similar al de esta investigación, confirmando que existe una oportunidad de aprovechamiento de los desechos orgánicos para convertirlos en compost y que puedan fertilizar tierras de cultivo y sustituir a los fertilizantes importados.

Aunque el número de integrantes influyó en la cantidad de residuos producidos, los datos evidencian que este factor no explica por completo las diferencias encontradas. Esta situación sugiere que factores como los hábitos de consumo, la frecuencia de preparación de alimentos y el nivel de aprovechamiento doméstico de los recursos también afectan en la generación de residuos.

Materiales e instrumentos

Para el desarrollo de la fase experimental se emplearon diversos materiales e instrumentos destinados a la recolección de residuos orgánicos, el seguimiento del proceso del vermicompostaje y el registro de la información obtenida (Tabla 9).

Tabla 9

Documentos, materiales, equipos de campo y de oficina e insumos utilizados durante la fase experimental

Documentos			
Ficha de registro del peso de la basura orgánica e inorgánica	Ficha de Observación	Croquis de la comunidad	Croquis de las vías de circulación del camión recolector

Equipos			
Computador	Cámara digital		Metro
Balanza de mano de 10 kg	Mini balanza electrónica portátil		Tamizador
Herramientas			
Recipiente para separar los residuos	Bloques	Tablas	Plástico para cubrir el área
Guantes de jardinería	Botas de caucho	Espátula	Manguera
Pico	Pala	Bolígrafos	
Materiales Biológicos			
Residuos orgánicos		Lombrices rojas californianas *(Eisenia fetida)*	

Los materiales e instrumentos utilizados permitieron desarrollar la fase experimental de manera organizada y facilitaron el control de las distintas actividades realizadas. La combinación de herramientas de campo, equipos de medición y documentos de registro contribuyó a mejorar la precisión de los datos recopilados y a mantener un seguimiento continuo del proceso.

3.3.2 Procedimiento experimental

El procedimiento experimental se desarrolló mediante una secuencia de actividades orientadas al aprovechamiento de los residuos orgánicos recolectados. Inicialmente, se realizó la separación y pesaje de los residuos generados por los participantes; posteriormente, estos fueron incorporados a las camas de vermicompostaje para su transformación biológica. Durante el proceso se realizó el seguimiento de las condiciones necesarias para la descomposición de la materia orgánica y el desarrollo de las lombrices, registrando la información en los instrumentos de seguimiento establecidos para la investigación.

Recolección de residuos orgánicos

Los residuos orgánicos fueron recolectados periódicamente y clasificados según su naturaleza, posteriormente fueron pesados para determinar la cantidad disponible para el proceso experimental (Fotografía 3). Entre los materiales recolectados se encontraron principalmente restos de frutas, verduras, cáscaras y residuos vegetales procedentes de las actividades domésticas de los participantes.

Fotografía 3

Recolección y clasificación de residuos orgánicos



Nota. Fotografía tomada durante la fase experimental.

Cantidad de residuos recolectados

Una vez realizada la clasificación de los residuos recolectados, se seleccionaron aquellos materiales adecuados y los que no son aptos como cítricos y alimentos procesados para el proceso, para luego proceder a registrar el peso (Fotografía 4).

Fotografía 4

Pesado de residuos orgánicos



Nota. Fotografía tomada durante la fase experimental.

Es importante tener en cuenta que en la observación de campo ciertos participantes realizaron la separación de los cítricos y comida procesada y otras no. A los participantes se les mencionó que este tipo de residuos no es adecuado ya que estresan a las lombrices, quemando su piel y se desplazan fuera de las camas, elevando la acidez del suelo y aumentando el riego de fermentación.

Los resultados obtenidos coinciden con lo señalado por Comesaña et al. (2017), quienes demostraron que los sistemas descentralizados de compostaje favorecen la recuperación de residuos orgánicos desde los hogares y fortalecen la participación comunitaria en la gestión sostenible de los residuos.

Elaboración de las camas para el compost

Una vez cuantificados los residuos, se procedió a la preparación de las camas destinadas al vermicompostaje, las cuales tenían una dimensión aproximada de un metro cuadrado. Para ello, se acondicionó un área que permitiera mantener condiciones favorables

para la actividad biológica y la degradación progresiva de la materia orgánica (Fotografía 5; Fotografía 6).

Fotografía 5

Preparación de las camas de vermicompostaje



Nota. Fotografía tomada durante la fase experimental.

Fotografía 6

Camas de vermicompostaje



Nota. Fotografía tomada durante la fase experimental.

Cantidad de compost obtenido

Una vez concluida la elaboración de las camas, se procedió a colocar residuos orgánicos periódicamente, al volteo o aireación de las camas y

de vermicompostaje, se procedió a cuantificar el compost obtenido a partir de los residuos orgánicos procesados. Asimismo, se calculó la eficiencia de recuperación del compostaje con el fin de evaluar el nivel de aprovechamiento alcanzado durante la fase experimental (Tabla 10 y 11).

Tabla 10

Cantidad de compost obtenido durante la fase experimental

Participante	Compost obtenido (kg)
Participante 1	13,64
Participante 2	9,50
Participante 3	11,91
Participante 4	17,39
Participante 5	12,98
Total	65,42

Nota. Elaboración propia en base a información recolectada en campo.

Los resultados muestran que los 316,8 kg de residuos orgánicos procesados permitieron obtener un total de 65,42 kg de compost. El participante 4 registró la mayor producción de compost, seguido por el participante 1. Por el contrario, el participante 2 obtuvo la menor cantidad de compost.

Tabla 11

Eficiencia de recuperación del compostaje en una duración de tres meses.

Participante	Residuos procesados (kg)	Compost obtenido (kg)	Eficiencia (%)
Participante 1	63,2	13,64	21,58
Participante 2	46,3	9,50	20,52
Participante 3	55,2	11,91	21,58
Participante 4	87,1	17,39	19,97
Participante 5	65	12,98	19,97

Al analizar la dinámica de recuperación se observa un escenario particular donde los participantes 1 y 3 alcanzaron los mayores porcentajes de eficiencia (21,58%). Este valor es

igual debido a que ambos trabajaron en un mismo espacio para desarrollar el proceso, situación similar a la de los participantes cuatro y cinco quienes también se agruparon logrando una eficiencia del 19,97%, demostrando que las cifras generales oscilaron entre el **19% y el 22%** lo que refleja un comportamiento homogéneo que evidencia cómo una mayor cantidad de residuos procesados no implica obligatoriamente una mejor eficiencia de transformación final.

Tan et al. (2025), evaluaron vermicompostaje a escala piloto municipal en Malasia con carga inicial de 1,5 kg, alcanzando una eficiencia de reducción de masa del 48,92 % en solo 20 días, superior al del presente estudio. Esta brecha se debe principalmente al tipo de residuo utilizado como digestato avícola mezclado con residuos de cocina específicos (residuos de café, polvo de huesos de pollo y toallas de papel), materiales que tienen alta biodegradabilidad y relación C/N equilibrada, lo que demuestra que la composición del residuo influye determinantemente en la velocidad y eficiencia del proceso vermicompostador.

Por otra parte, Obsa et al. (2022), estudiaron 90 hogares mediante compostaje termofílico, transformando 19.508 ton/año en 11.732 toneladas de compost alcanzando una eficiencia del 60%, el triple del porcentaje obtenido en el presente trabajo. Las altas temperaturas utilizados en el proceso termofílico (55-65 °C) aceleran la descomposición, pero este método requiere infraestructura energética y control de aireación, limitando su uso doméstico; en contraste, el vermicompostaje aquí evaluado, aunque es más lento, no necesita insumos externos y genera un producto con mayor contenido nutricional.

Los resultados confirman que el vermicompostaje representa una alternativa viable para aprovechar los desechos orgánicos a pequeña escala pese a registrarse una notable disminución del peso inicial de los materiales, siendo esta una condición completamente

esperada por la pérdida de humedad y la degradación biológica generada por las lombrices. Estos resultados concuerdan con la investigación de Elissen et al. (2022), quienes documentaron situaciones similares durante el proceso de vermicompostaje, en el cual se redujo de forma considerable la masa inicial de los residuos. Resultados similares reportan Aguirre-Illatopa et al. (2024) quienes afirman que la mineralización y liberación de líquidos provocan reducciones de masa debido a la degradación y transformación del material.

Respecto a la eficiencia de recuperación evaluada en la investigación aproximadamente la quinta parte de los residuos biológicos tratados logró convertirse en un compost apto para su aprovechamiento, un porcentaje que parece reducido cuantitativamente pero que tiene una enorme relevancia al recordar que el propósito de este trabajo es generar un material de alta calidad con el potencial necesario para optimizar las propiedades físicas y químicas de los suelos en los que se pretende colocar este material.

Desde la economía circular el humus generado es un recurso valioso destinado a reincorporarse en actividades agrícolas o de jardinería para sustituir de forma parcial a los fertilizantes químicos convencionales, resultados que coinciden con las posturas de Mihai et al. (2023), quienes destacan estas prácticas como estrategias clave para cerrar el ciclo de los materiales, complementándose también con los resultados de Aguirre-Illatopa et al. (2024), quienes señalan la capacidad agrícola de estos insumos para garantizar la recuperación de nutrientes esenciales que fueron analizados en la siguiente sección del estudio.

3.3.3 Análisis económico, social y ambiental del vermicompostaje en la comunidad

Análisis económico de ganancias por compost

Con la finalidad de determinar la factibilidad económica del vermicompostaje doméstico, se identificaron los costos de inversión, costos fijos y costos variables asociados

al sistema implementado durante el periodo experimental, en este caso el análisis se lo hizo para 6 meses, que es el tiempo aproximado que dura el ciclo para cosechar el humus producido por las lombrices. La Tabla 12 presenta la inversión inicial requerida para la implementación de las vermicomposteras.

Tabla 12

Inversión inicial para la implementación del sistema de vermicompostaje

Concepto	Valor
Pala de terreno	$ 5,50
Pico	$ 10,92
Plástico de protección	$ 1,20
Tamiz de humus	$ 8,00
Flexómetro 5 metros	$ 1,89
Balanza de mano	$ 4,59
Bloques (6 unidades x m²)	$ 2,40
Activo Biológico-Lombrices (0,33 kg)	$ 6,30
Inversión Inicial	**$ 40,80**

Nota. El precio de las herramientas fue cotizado en la ferretería el "Bosna" sucursal Otavalo, los precios pueden varias de acuerdo a la calidad. El valor de las lombrices fue cotizado con un ingeniero de Pimampiro quien es un productor local de humus de lombriz (2026).

La inversión no fue muy alta, ya que no se necesitaron muchas herramientas y las composteras son fáciles de hacer, sin requerir equipos ni conocimientos complicados. Además, las viviendas seleccionadas contaban con terrenos agrícolas, por lo que el costo del espacio utilizado se consideró como un arriendo, reflejando el costo de oportunidad de no usarlo en otras actividades.

Por otro lado, la compra de lombrices se hizo de manera conjunta. Se adquirió 1 kg por 18 USD, y ese costo se repartió entre las tres vermicomposteras. Esta compra se considera una inversión, bajo la categoría de activo biológico vivo y no sufren depreciación por desgaste, ya que poseen capacidad de autorreproducción, incrementando la biomasa y el

valor del activo con el tiempo (NIC 41, Ecuador). Una vez establecida la infraestructura inicial, los costos de operación se reducen considerablemente, como se observa en la Tabla 13 y 14.

Tabla 13

Costos fijos depreciables del sistema

Concepto	Costo Total	Depreciación Anual (5 años)	Depreciación (6 Meses)
Pala de terreno	$ 5,50	$ 1,10	$ 0,55
Pico	$ 10,92	$ 2,18	$ 1,09
Plástico de protección	$ 1,20	$ 0,24	$ 0,12
Tamiz de humus	$ 8,00	$ 1,60	$ 0,80
Flexómetro 5 metros	$ 1,89	$ 0,38	$ 0,19
Balanza de mano	$ 4,59	$ 0,92	$ 0,46
Bloques (6 unidades x m²)	$ 2,40	$ 0,48	$ 0,24
TOTAL ACTIVOS FIJOS DEPRECIABLES	$ 34,50	$ 6,90	$ 3,45

Tabla 14

Costos fijos no depreciables del sistema

Concepto	Cálculo para 6 meses	Costo Total (6 meses)
Arriendo de Terreno	1 m² x $0,09/año ÷ 2 (6 meses)	$ 0,05
TOTAL COSTOS FIJOS NO DEPRECIABLES		$ 0,05

Los costos variables estuvieron asociados al tiempo destinado al manejo de la vermicompostera y también a la adquisición de los guantes de jardinería que tiene una duración aproximada de 1 año, es decir, puede ser utilizado para 2 ciclos (Tabla 15).

Tabla 15

Costos variables del sistema

Conceptos	Por hora/Unidades	Total (6 meses)
Empaque	$ 0,35	$ 0,35
Guantes de jardinería	$ 1,30	$ 0,65
Mano de obra (4 min por semana durante 6 meses=96 min=1,60 horas)	$ 2,01	$ 3,21

Total costos variables	$ 4,21

La mano de obra se registra como costo variable porque el tiempo de revisión (4 minutos semanales) está vinculado al volumen de producción actual (0.33 kg de lombriz) y al tamaño de las vermicomposteras (un metro cuadrado). Si la cama se duplica o agranda, el tiempo de operación aumentará proporcionalmente. Como podemos analizar en las tablas presentadas tendríamos un costo total de operación por ciclo de $7,71. Los costos obtenidos permitieron calcular los indicadores económicos de producción (Tabla 16).

Tabla 16

Proyección de variables económicas en la producción de compost en un ciclo de cosecha

Concepto	1 ciclo (6 meses)
Compost Obtenido (kg)	130,84
Eficiencia (%)	41,30
Costo Fijo (3 participantes)	$ 10,50
Costo Fijo Unitario (USD/kg)	0,08
Costo Variable (3 participantes)	12,64
Costo Variable Unitario (USD/Kg)	0,10
Costo Total Unitario de pcc (USD/kg)	0,18
Costo por saco (25 kg)	4,42
Margen de Utilidad (%)	75%
Precio de Venta por saco (25 kg)	7,75

Nota: Elaboración en base a datos obtenidos en la observación de campo y ficha (2026).

Durante los seis meses de producción se obtiene en conjunto de las personas participantes aproximadamente 130 kg de humus de lombriz, equivalentes a una eficiencia de transformación del 41%. Considerando un costo total de producción de $0,18 por kilogramo y un precio de venta referencial de $7,75 por saco de 25 kg, se estimó un margen de utilidad del 75%, el cual resulta elevado debido a que la materia prima utilizada (residuos orgánicos) no tiene un costo de adquisición. Para establecer el precio de venta se tomó como referencia el valor comercializado por la empresa Kywi, que ofrece un saco de 25 kg de

humus de lombriz a un precio aproximado de $11,25. El precio propuesto en este estudio es inferior, debido a que la comercialización se plantea de manera directa entre el productor y el consumidor, eliminando intermediarios y reduciendo los costos asociados a la distribución. Estos resultados evidencian que el aprovechamiento de residuos orgánicos puede generar beneficios económicos incluso a pequeña escala, favoreciendo la sostenibilidad financiera del sistema de compostaje.

La eficiencia observada en esta investigación fue similar a la reportada para sistemas plenamente establecidos, indicando que el vermicompost al cosecharse al quinto o sexto mes después de iniciado el proceso, alcanzan rendimientos cercanos al 40%–60% del peso inicial de los residuos orgánicos. De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de México (SADER, 2022), para una superficie de un metro cuadrado se recomienda utilizar entre 1,5kg y 2 kg de lombrices para optimizar el proceso de transformación de la materia orgánica. En el presente estudio se empleó únicamente 0,33 kg por unidad experimental debido a restricciones presupuestarias. Durante las visitas de seguimiento al tercer mes se observó la presencia de cápsulas reproductivas y lombrices juveniles, evidenciando que una parte importante de la población inicial destinó energía a procesos de reproducción y crecimiento antes que, a la degradación intensiva del material orgánico. Esta situación explica parcialmente la eficiencia registrada durante los primeros tres meses del experimento, aunque al sexto mes alcanzó la eficiencia esperada a pesar de que solo se utilizó por cada vermicompostera una tercera parte del kilogramo adquirido.

Asimismo, diversos estudios han demostrado que el vermicompost presenta mayores concentraciones de nutrientes disponibles para las plantas en comparación con el compost convencional. Singh et al. (2022) reportan incrementos significativos de NPK como resultado de la actividad biológica de las lombrices durante el proceso de transformación, lo que

incrementa el valor agronómico del producto final y fortalece su potencial de comercialización.

Punto de Equilibrio

Con el propósito de determinar la cantidad mínima de producción necesaria para cubrir los costos de operación, se calculó el punto de equilibrio en unidades y en valores monetarios (Tabla 17 y Figura 13).

Fórmula del punto de equilibrio en unidades

$$P.e.(unidades) = \frac{Costo\ Fijo\ Total}{Precio - Costo\ Variable\ Unitario}$$

Fórmula del punto de equilibrio en dólares

$$P.e.(dólares) = \frac{Costo\ Fijo\ Total}{1 - \frac{Costo\ Variable\ Unitario}{Precio}}$$

Tabla 17

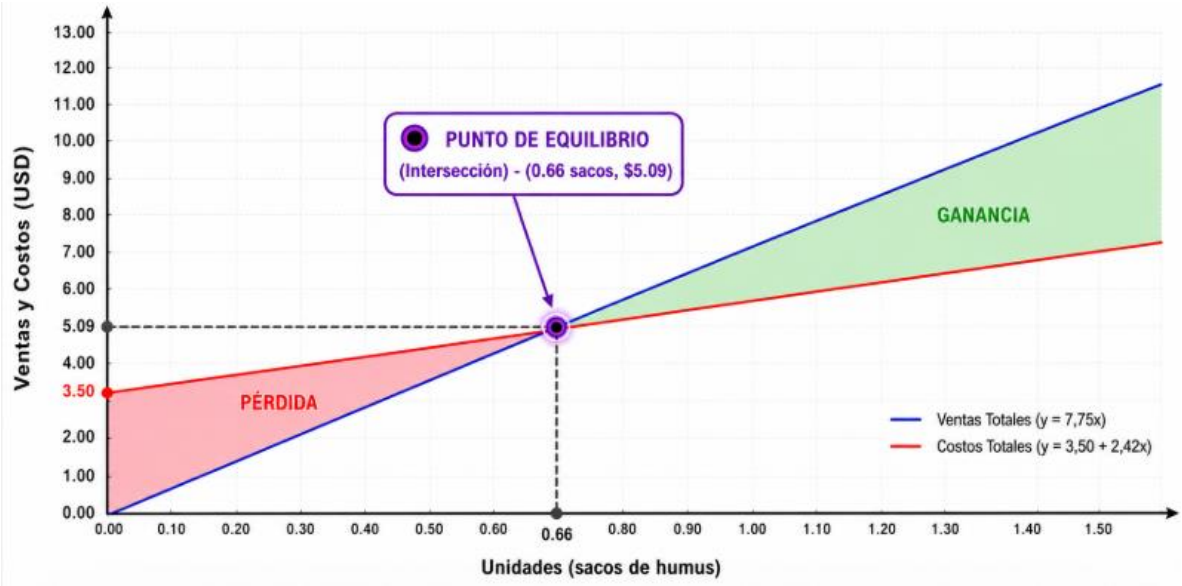
Punto de equilibrio

Concepto	Saco/USD
Punto de equilibrio (Unidades-saco)	0,66
Punto de equilibrio (dólares)	$ 5,09

Nota. Elaboración propia en base a datos de la investigación.

Figura 13

Punto de equilibrio de ventas totales y costos totales.



Nota. Elaboración propia en base a datos de la investigación.

Los resultados del punto de equilibrio muestran que cada vivienda necesita comercializar 0,66 sacos de humus de lombriz equivalentes a aproximadamente 16,5 kg, para cubrir los costos fijos asociados al proceso productivo. En términos monetarios, el punto de equilibrio se alcanza con ingresos por $5,09, valor a partir del cual las ventas comienzan a generar utilidades.

Considerando que durante un ciclo de seis meses cada vivienda produce aproximadamente 40 kg de humus, equivalentes a más de un saco de 25 kg, la producción supera ampliamente el punto de equilibrio. Esto significa que con la venta de poco más de un tercio de la producción obtenida en cada ciclo es posible recuperar los costos, mientras que el compost restante representa una oportunidad de generar ingresos adicionales para los hogares participantes. Tanto los costos como los ingresos obtenidos son reducidos debido a que se trata de un sistema de producción doméstico desarrollado a pequeña escala, con una superficie de apenas 1 m² por vermicompostera.

Además, el período de recuperación de la inversión (Payback) se estimó considerando una inversión inicial de $36,21 por vivienda y un flujo neto de efectivo de $9,31 generado en cada ciclo de producción de seis meses. Los resultados indican que la inversión inicial se recupera en aproximadamente 3,89 ciclos productivos, equivalentes a 1 año y 11 meses aproximadamente. Este resultado evidencia que, aunque el sistema de compostaje requiere una inversión inicial para la adquisición de herramientas e insumos, dicha inversión puede recuperarse en un plazo relativamente corto.

Beneficio ambiental

Durante el periodo experimental en la visita de campo al tercer mes se aprovechó aproximadamente 316,8 kg de residuos orgánicos generados por los cinco hogares participantes, de acuerdo a los habitantes de la comunidad y a la ficha de observación esto permitió reducir un 70% a 80% de los desechos (el restante del porcentaje corresponde a residuos orgánicos como orgánicos cítricos, huesos y comida procesada que afectaban a las lombrices y a los residuos inorgánicos) que anteriormente eran entregados al sistema de recolección municipal, quemados o depositados en áreas abiertas, desaprovechando su potencial de valorización.

En caso de que exista la disposición por parte de los hogares de la comunidad en esta iniciativa el impacto ambiental podría incrementarse considerablemente. Ya que la comunidad cuenta con 405 hogares y que los cinco hogares evaluados registraron un promedio de 21 kg de residuos orgánicos por vivienda cada mes, se estima que la implementación del vermicompostaje permitiría aprovechar alrededor de 8 toneladas de materia orgánica al mes y más de 100 toneladas al año, reciclando en macronutrientes primarios 817,8 kg de N, 101,52 kg de P y 624,54 kg de K, lo cual es clave, ya que para

nuestro país estos nutrientes son en su totalidad importados y esta recuperación reduce significativamente esta dependencia externa permitiéndonos avanzar hacia una agricultura más sostenible.

Esta cantidad de residuos dejarían de ingresar al sistema convencional de recolección y disposición final, contribuyendo a disminuir la presión sobre el relleno sanitario y favoreciendo la recuperación de nutrientes mediante la producción de humus de lombriz. Estos resultados coinciden con lo señalado Obsa et al. (2022), quienes estudiaron 90 hogares en el Sur de Etiopía y registraron que de 19.000 ton de residuos orgánicos anuales podrían compostar 11.000 ton aproximadamente, los cuales fertilizarían a 470 ha de terreno. Asimismo, Blanchard et al. (2026) destacaron la importancia de la implementación de un sistema de compostaje, quienes en su estudió demostraron la disminución del 31% de desechos que van al vertedero, aumentando su vida útil en al menos 2 años y que del total de residuos recolectados un 40% eran aprovechables para este tipo de sistemas, demostrando que constituye una alternativa eficiente para el aprovechamiento de residuos orgánicos y la reincorporación de nutrientes al suelo.

En cuanto a las condiciones sanitarias, se reportó una disminución notoria de olores y una reducción aproximada del 80% en la presencia de moscas en las áreas de cocina y almacenamiento, ya que inicialmente los residuos orgánicos eran acumulados temporalmente hasta reunir una cantidad suficiente para colocarlas a la vermicompostera, lo que favorecía la proliferación de vectores infecciosos. Luego, al depositar los desechos de manera directa en el sistema, estos vectores se redujeron significativamente, con una mejora perceptible en la calidad del aire, el paisaje doméstico y las condiciones ecosistémicas del entorno.

Beneficio social

Las familias involucradas demostraron transformaciones profundas en sus costumbres cotidianas relacionadas con el tratamiento domiciliario de los desperdicios. Se implementó una correcta clasificación desde el origen gracias a la adopción de las vermicomposteras, destinando toda la materia orgánica hacia un aprovechamiento interno mientras los elementos inorgánicos fueron direccionados hacia el servicio de recolección. Esto evidencia un proceso de educación ambiental en el que los ciudadanos desarrollan habilidades prácticas orientadas a clasificar los residuos y dar un nuevo valor a sus recursos.

El grupo evaluado coincidió en resaltar que el cuidado de estos sistemas naturales demandaba máximo cuatro minutos semanales por hogar, descartando esfuerzos excesivos, revelando también que existió una desconfianza inicial frente al rendimiento de las vermicomposteras, pero al constatar los beneficios, mostraron interés en continuar e incrementar las camas del experimento, aprovechando las áreas libres de sus terrenos. Según los participantes este proceso experimental podría generar un efecto multiplicador ya que la mayoría de hogares cuentan con un terreno cerca o alrededor de la comunidad, y esto podría reducir costos en cuanto a la adquisición de fertilizantes o también venderlo a productores agrícolas consolidando así un modelo de gestión sostenible de residuos a escala local.

3.3.3 Recuperación de nutrientes

Para evaluar la eficiencia del sistema de vermicompost se evaluaron algunos indicadores de calidad relacionados con el grado de estabilización de la materia orgánica, los cuales permitieron interpretar la eficiencia del proceso y la disponibilidad potencial de nutrientes para las plantas. Posteriormente se analizó la recuperación de los macro y micronutrientes presentes en el humus obtenido.

Calidad de la materia orgánica estabilizada

El análisis de laboratorio determinó que el humus presentó contenido de materia orgánica, carbono (C), la relación carbono:nitrógeno (C:N), pH y la humedad (Tabla 18).

Tabla 18

Resultados de calidad de la materia orgánica estabilizada.

Calidad de la M.O.	Resultados
Materia Orgánica	45,52%
Carbono	26,4%
C:N	18 : 1
Ph	8
Materia Seca	56,4%

Nota. Elaboración en base a resultados obtenidos del análisis de suelos.

Los resultados muestran que el material obtuvo un adecuado grado de estabilización. En materia seca se obtuvo un 54,4%, la humedad alcanzó 43,6% y el pH fue de 8,0 encontrándose dentro del rango de referencia establecido por Gottschall (1985) (materia seca 50%-70%; humedad 30%-50%; pH 7,0- 8,5). Asimismo, la FAO (2013), confirma que la humedad debe encontrarse alrededor del 55%, mostrándonos que tiene un valor óptimo. En cuanto al pH, el rango ideal se encuentra entre 4,5 a 8,5, de igual forma encontrándose este humus dentro del rango.

Por un lado, el contenido de materia orgánica fue de 45,52% menor al valor de referencia sugeridos por el laboratorio (>65%) reflejando la parte del material que puede aportar nutrientes y mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo. Por otro lado, el carbono alcanzó 26,4%, de igual forma siendo inferior al sugerido, el cual se asocia a la degradación de los compuestos orgánicos durante el metabolismo de las lombrices.

Además, la relación C:N de 18 :1 se encontró dentro del rango recomendado (10:1–20:1), indicando un adecuado nivel de madurez del humus considerando que se lo cosechó a los tres meses de iniciado el proceso. Sin embargo, Bernal et al. (2017), menciona que un

valor óptimo para un compost maduro se sitúa en el rango de 10:1 a 15:1, pero el valor encontrado en el humus analizado se encuentra dentro del rango que menciona la FAO (2013), C:N inferiores a 20:1 representan compost estabilizados con buenas condiciones para su utilización agrícola, mientras que relaciones superiores indican materiales aún en proceso de descomposición.

En conjunto, estos resultados demuestran que los residuos orgánicos domiciliarios compostados, las condiciones ambientales y el tiempo de procesamiento influyen en la composición final del humus, mejorando sus condiciones, aunque no todos los parámetros presentados son valores adecuados ya que el tiempo de maduración fue corto.

Recuperación de Macronutrientes

La recuperación de macronutrientes tanto primarios como secundarios presentes en el humus obtenido es inferior al valor referencial, sin embargo, estos valores pudieron verse influenciados debido a factores como el tipo de residuos utilizados, el clima de la comunidad, el tiempo en el que se desarrolló el experimento y la cantidad utilizada de lombrices (Tabla 19).

Tabla 19

Resultados de macronutrientes primarios y secundarios del análisis del material orgánico sólido.

Macronutrientes	Resultado (%)
Nitrogeno total (N)	1,45
Fósforo (P)	0,18
Potasio (K)	1,16
Calcio (Ca)	0,94
Magnesio (Mg)	0,19

Nota. Elaboración en base a resultados obtenidos del análisis de suelos.

El humus presentó un valor de macronutrientes menor al nivel de referencia (N >2,0%; P >0,2; K>1,5; Ca>1,5; Mg>0,2). Este dato posiblemente fue porque se usó el 100%

de basura orgánica sin utilizar estiércol de cuy, gallina o vaca, los cuales constituyen una fuente rica en los procesos de vermicompostaje. Vyas et al. (2022) indicaron que el vermicompostaje es altamente beneficioso para la fertilidad del suelo, en su estudio combinaron algas marinas con estiércol bovino incrementando la concentración de macronutrientes primarios (NPK) de 26,72% a 78,17%; además, mejoró no solo los nutrientes primarios sino también los secundarios, mejorando la porosidad y la capacidad de retención del agua. De la misma forma, Nonthapa et al. (2024) en su estudio demostraron que el vermicompost no sólo potenció el crecimiento de plantas, sino también permitió disminuir o eliminar al hongo *Athelia rolfsii,* el cual es considerado perjudicial para las plantas y una de las más agresivas en la agricultura.

Recuperación de Micronutrientes

El análisis químico del humus evidenció también la presencia de hierro, manganeso, zinc, boro y cobre, elementos esenciales para el crecimiento, nutrición y supervivencia de las plantas (Tabla 20).

Tabla 20

Resultados de micronutrientes del análisis del material orgánico sólido.

Micronutrientes	Resultados
Hierro (Fe)	4080 ppm
Manganeso (Mn)	256 ppm
Cobre (Cu)	24 ppm
Zinc (Zn)	121 ppm
Boro (B)	91,6 ppm

Nota. Elaboración en base a resultados obtenidos del análisis de suelos.

El hierro fue el micronutriente con mayor concentración, seguido del manganeso, zinc, boro y cobre. Esta distribución se debe a la utilización de frutas, verduras y restos de alimentos de cocina como materia prima que contienen naturalmente estos elementos.

También es importante mencionar la presencia del sodio (Na), a pesar de que su concentración fue baja (0,07%) y no es perjudicial para la tierra, generalmente es peligroso para las plantas glicófitas (sensibles a sales) como el maíz, fréjol, arveja, entre otros cultivos que son típicos en las comunidades, especialmente en donde se está realizando este trabajo de investigación. Por otra parte, para las plantas halófitas (tolerantes a la sal), este es beneficioso ya que contribuye a regular su presión osmótica y la capacidad de retener agua en condiciones extremas.

Hernández et al. (2011) afirman, que el vermicompost muestra mayor contribución en Cu, Zn, Mg y Fe y un porcentaje menor en Na. La presencia de estos micronutrientes incrementa el valor agronómico del vermicompost, debido a que participan en procesos relacionados con la fotosíntesis, la formación de clorofila y la regulación hormonal de las plantas, indispensables para el desarrollo de los cultivos.

Estos resultados indican que estos materiales pueden reincorporarse al suelo en lugar de perderse como desechos, favoreciendo así el reciclaje de nutrientes dentro de un sistema de economía circular.

3.3.4 Recuperación calculada de nutrientes a partir del compost obtenido por participante

Con base en la cantidad de compost obtenido por cada participante y mediante el análisis de laboratorio, se estimó la cantidad aproximada de macronutrientes y micronutrientes recuperados durante este proceso. Esto permite cuantificar el aporte potencial de nutrientes que pueden reincorporarse al suelo a partir del aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en cada hogar (Tabla 21).

Tabla 21

Recuperación de macronutrientes y micronutrientes por hogar participante.

Participante	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Total
Compost obtenido (kg)	13,64	9,50	11,91	17,39	12,98	**65,42**
Materia Seca (kg)	7,69	5,36	6,72	9,81	7,32	**36,90**
N (kg)	0,11	0,08	0,10	0,14	0,11	**0,54**
P (kg)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	**0,07**
K (kg)	0,09	0,06	0,08	0,11	0,08	**0,43**
Mg (kg)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	**0,07**
Ca (kg)	0,07	0,05	0,06	0,09	0,07	**0,35**
Fe (kg)	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	**0,15**
Mn (kg)	0,002	0,001	0,002	0,003	0,002	**0,009**
Cu (kg)	0,0002	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	**0,0009**
Zn (kg)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	**0,004**
B (kg)	0,0007	0,0005	0,0000	0,0009	0,0007	**0,0034**

Nota. Elaboración en base a resultados obtenidos del análisis de suelos.

Los resultados evidencian que el proceso de vermicompostaje permitió recuperar nutrientes esenciales presentes en los residuos orgánicos, destacándose los macronutrientes frente a los micronutrientes. La mayor recuperación se concentró en N, K y Ca, mientras que Cu, B y Zn presentaron menores cantidades, este comportamiento está asociado a su presencia natural en los residuos utilizados. La recuperación obtenida demuestra que el vermicompost constituye una alternativa para reincorporar nutrientes al suelo y reducir los residuos que van al vertedero.

Los resultados obtenidos son similares con la investigación de Sasker (2022), quien encontró que el tipo de residuo y el método de compostaje influyen significativamente en la concentración de nutrientes; en residuos de cocina compostados obtuvo 1,59% de N y 0,84% de K en base seca, y en la presente investigación la recuperación calculada sobre la materia seca equivale a 1,45 % de N y 1,16 % de K, mostrando valores comparables y respaldando el potencial del compost doméstico como fuente de nutrientes. Jakubus y Michalak-Oparowska (2022) analizaron una comparación entre el compost convencional y el

vermicompost, concluyendo que ambos son económicamente viables, pero en cuanto a la recuperación de nutrientes, por un lado en N total se obtuvo 2,1% y en el compost un valor de 1,2%, por otro lado, en K en el vermicompost se obtuvo 2,2% y en compost 0,7%, confirmando que el vermicompost tiene una composición nutricional más alta que el compost convencional transformando desechos en un humus de calidad.

Durante el desarrollo del experimento, las participantes manifestaron que desconocían que el humus producido a partir de residuos orgánicos contenía macro y micronutrientes esenciales para las plantas, ya que no estaban familiarizadas con estos términos técnicos y únicamente lo identificaban como un abono que favorecía el crecimiento de los cultivos. Este hallazgo pone de manifiesto la necesidad de fortalecer los procesos de educación ambiental y capacitación comunitaria, de modo que las familias comprendan el valor nutricional del compost y su contribución a la fertilidad del suelo. En este sentido, la FAO (2022) destaca que la difusión del conocimiento sobre el reciclaje de nutrientes mediante abonos orgánicos es fundamental para promover prácticas agrícolas sostenibles y reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos.

Conclusiones

La investigación de campo permitió identificar que la principal problemática relacionada con la baja cobertura del servicio de recolección en la comunidad San Luis de Agualongo es la acumulación de basura, lo que obliga a los habitantes a almacenar los residuos durante varios días en sus viviendas o a disponer de ellos mediante prácticas inadecuadas como colocarlos en espacios inapropiados atrayendo a vectores infecciosos, provocando malos olores y por consiguiente, afectando a las condiciones sanitarias y ambientales de la comunidad. De igual manera, en la observación de campo se evidenció que una parte importante de los residuos generados corresponde a materia orgánica, lo que demuestra la existencia de un recurso con alto potencial de aprovechamiento que actualmente no recibe un tratamiento adecuado.

De acuerdo al trabajo de investigación el nivel de conocimiento de los habitantes de la comunidad San Luis de Agualongo sobre el compostaje doméstico a partir de residuos orgánicos es limitada. Sin embargo, si realizaban este tipo de prácticas tiempo atrás, aunque no lo conocían con términos técnicos, ya que aprovechaban estos residuos dándoles un valor para sus terrenos prácticas que fueron olvidadas al tener asignado un carro recolector para la comunidad. Sin embargo, aunque la mayoría ya tenía la costumbre de disponer los residuos en los terrenos como abono, lo hacían sin ningún pretratamiento, desconociendo que esta práctica, sin un proceso adecuado, puede dañar el suelo y las plantas, además, tampoco conocían sobre los beneficios ambientales, económicos y que contribuía la reintegración de nutrientes al suelo.

La implementación del sistema de vermicompostaje permitió comprobar que los residuos orgánicos generados en los hogares pueden transformarse en humus y a través de

los análisis realizados se confirmó las propiedades nutricionales y la recuperación de nutrientes esenciales para el suelo y el desarrollo de las plantas, constituyéndose una alternativa técnica y ambientalmente viable al aprovechar este tipo de residuos y a su vez reducir la cantidad de desechos enviados al sistema de recolección. Además, gracias a este proceso se logró despertar el interés de los participantes de continuar con este tipo de prácticas a mayor escala, demostrando que puede ayudar a promover una gestión más sostenible al valorar estos recursos generados en la comunidad.

Como línea de investigación futura, se plantea profundizar en la cuantificación de los nutrientes recuperados mediante el vermicompostaje doméstico y su potencial de sustitución de fertilizantes importados. Considerando que la recuperación estimada de 817,8 kg de nitrógeno al año equivale a 1.777,83 kg de urea, lo que representaría un ahorro aproximado de $1.315,72 (35,56 quintales), al incorporar nutrientes como fósforo (101,52 kg) y potasio (654,24 kg), este ahorro podría ser mayor, por lo que futuras investigaciones podrían comparar el valor económico y nutricional del compost frente a los fertilizantes comerciales, evaluando su aplicación a mayor escala y fortaleciendo la participación de los GAD y las comunidades para promover prácticas circulares, reducir los residuos destinados a los rellenos sanitarios y contribuir a prolongar su vida útil.

Referencias Bibliográficas

Alava Atiencie, N. G. (2020). Sostenibilidad de organizaciones agroecológicas que apoyan al fomento de la economía popular y solidaria en la provincia del Azuay.

Aragon, M., Boscán, A. C. B., & Gutiérrez, R. D. E. (2024). POLÍTICAS PÚBLICAS DE BIOECONOMÍA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. *REVISTA CIENTIFICA LEGALIS ET POLITICA*, *3*(3), 162-187.

Arancon, Norman Q., N. Q., & Edwards, Clive A., C. A. (2011). *The Biology of Earthworms* (4th ed.). CRC Press.

Asociación de Municipalidades Ecuatorianas [AME]**.** (2025). *Solamente el 31.7% de los municipios ha iniciado un proceso de separación de residuos en la fuente, según datos de INEC*. AME. https://ame.gob.ec/solamente-el-31-7-de-los-municipios-ha-iniciado-un-proceso-de-separacion-de-residuos-en-la-fuente-segun-datos-de-inec/

Atiyeh, R. M., R. M., Domínguez, J., Subler, S., & Edwards, C. A. (2000). Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia, 44*(6), 709–724.

Blanchard, C., Harris, P., Pocock, C., & McCabe, B. K. (2026). Local applications of kerbside food and garden organics collection: An Australian regional study. *Waste Management & Research*, *44*(8), 1170–1183. https://doi.org/10.1177/0734242X261429260

Bugge, M. M., Hansen, T., & Klitkou, A. (2016). What is the bioeconomy? A review of the literature. *Sustainability, 8*(7), 691. https://doi.org/10.3390/su8070691

BYJU'S. (2021, 4 de febrero). *Vermicomposting definition, process and advantages*. https://byjus.com/biology/vermicomposting/

Canaviri, J. Q., Ali, B. C., & Salazar, M. Z. (2022). LA BIOECONOMÍA ANDE AMAZÓNICA ATENÚA EL CAMBIO CLIMÁTICO: El CASO DE LA QUINUA.

Castro, M. V. P., & Quelal, O. M. (2025). Desafíos en manejo y reducción de residuos orgánicos en mercados urbanos de Lago Agrio. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, *19*(2).

Chuquin Chavez, B. J., & Yumbo Gutierrez, C. S. (2023). Mejora en la valorización material de residuos orgánicos generados en el Mercado Municipal de Atalaya, Ucayali, 2022.

Código Orgánico del Ambiente. (2017). Registro Oficial Suplemento 983 de 12 de abril de 2017.https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/CODIGO-ORGANICO-DEL-AMBIENTE.pdf

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización [COOTAD]. (2010). Registro Oficial Suplemento 303 de 19 de octubre de 2010. https://www.cpccs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf

Colon-García, A. P., Catari-Yujra, G., & Alvarado, E. (2021). Los senderos productivos de la bioeconomía: El caso Honduras. *Revista iberoamericana de bioeconomía y cambio climático*, *7*(14), 1713-1726.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2024). ODS 12: Producción y Consumo Sostenibles. Biblioguías CEPAL. https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=934230&p=6736598

Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

Cordell, D., Drangert, J.-O., & White, S. (2009). The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change, 19*(2), 292–305. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009

Doughnut Economics Action Lab. (s. f.). *About doughnut economics*. https://doughnuteconomics.org/about-doughnut-economics

Ellen MacArthur Foundation. (2021a). *El diagrama de la mariposa: visualizando la economía circular*. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/el-diagrama-de-la-mariposa

Ellen MacArthur Foundation. (2021b). *Introducción a la economía circular*. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/temas/presentacion-economia-circular/vision-general

Fabio, E. C. H. (2023). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS EN HUERTOS COMUNITARIOS DENTRO DEL RECINTO MANABÍ CHICO DEL CANTÓN MILAGRO, GUAYAS* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR).

Flores, J. R. (2021). Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos. *Revista Boliviana de Administración*, *3*(1), 44-55.

GAD Municipal de Otavalo. (8 de abril de 2023). *Otavalo avanza hacia una gestión moderna y responsable de los residuos la Alcaldía* [Video]. Facebook. https://www.facebook.com/gadotavalo/videos/relleno-sanitario-municipal/2856390464492420/

GAD Municipal de Otavalo. (23 de julio de 2025). *Otavalo avanza hacia una gestión moderna y responsable de los residuos la Alcaldía* [Video]. Facebook. https://www.facebook.com/gadotavalo/videos/1797654247855240/

García, J. M. (Coord.). (2024). Libro blanco de la bioeconomía sustentable de Ecuador. Quito: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica; Ministerio de

Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca; Fondo de Asistencia Técnica en Bioeconomía.

García-Sánchez, I., Molina, J., & Torres, F. (2022). Informalidad y reciclaje en América Latina: desafíos para la economía circular. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129784. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129784

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production, 143*, 757–768. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo [GAD Otavalo]. (2010). *Ordenanza para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos en el Cantón Otavalo*.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo [GAD Otavalo]. (2019). *Reforma a la Ordenanza para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos en el Cantón Otavalo*. Google Drive. https://drive.google.com/file/d/10S2mnf4Bet3vPtyH5FV6sXImHKAv-JJq/view

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo [GAD Otavalo]. (2023). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) San Juan de Ilumán 2023-2027 [Documento]. GAD San Juan de Ilumán. https://gadsanjuandeiluman.gob.ec/wp-content/uploads/2024/05/PDOT-SAN-JUAN-DE-ILUMAN-2023-2027.pdf

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo [GAD Otavalo]. (2024). Memoria Técnica del PDOT del Cantón Otavalo 2023-2027. Google Drive. https://drive.google.com/file/d/1zaqIB58T8fJg1xgc-Qe-eGWbiOM5SFNz/view

Henry, G., & Hodson De Jaramillo, E. (2021). Bioeconomía, modelo para un desarrollo territorial sostenible e inclusivo.

Hernández, A., Castillo, H., Ojeda, D., Arras, A., López, J., & Sánchez, E. (2011). Effect of vermicompost and compost on lettuce production.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (2020). Bioeconomía: Potencial y retos para su aprovechamiento en América Latina y el Caribe Manual de Capacitación. *Guía metodológica para su gestión integral*. IICA. https://repositorio.iica.int/items/e3142b0e-719b-4e96-8c14-c35314264afe

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2023). Presentación GRS 2023: Gestión de Residuos Sólidos. Instituto Nacional de Estadística y Censos. [Documento]. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios/2023/Residuos_Solidos/Presentacion_GRS_2023.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2024). *Presentación de Resultados: Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2023 - Gestión de Residuos Sólidos* [Diapositivas de PowerPoint]. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios/2024/grs/PPT_Residuos_Solidos_GRS_2024VF.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2025). *Aplicación de Cubos del Censo Ecuador* [Datos interactivos]. https://cubos.inec.gob.ec/AppCensoEcuador/

International Energy Agency. (2021). *Ammonia technology roadmap*. https://www.iea.org/reports/ammonia-technology-roadmap

IPCC, Mayer, L., Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds.), 2015. Climate change 2014: synthesis report. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland.

Jantz, M. N., & Ruggerio, C. A. (2021). Tratamiento de los residuos sólidos orgánicos domésticos como estrategia para la mitigación del impacto ambiental negativo de la gestión de residuos en áreas urbanas. *Ambiente en diálogo*, (2), e026-e026.

Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. *World Bank*. https://hdl.handle.net/10986/30317

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling, 127*, 221–232. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005

Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva. (2021). Registro Oficial Suplemento 488 de 6 de julio de 2021. https://procuraduria.utpl.edu.ec/NormativaExterna/LEY%20ORG%C3%81NICA%20DE%20ECONOM%C3%8DA%20CIRCULAR%20INCLUSIVA.pdf

Loaiza, J. F. C., & Montealegre, J. G. (2020). Análisis del producto interno bruto agrícola ecuatoriano y sus principales productos en el periodo 2002–2019. *Dominio de las Ciencias*, *6*(4), 940-952.

López-Yamunaqué, A., & Iannacone, J. A. (2021). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en América Latina. Paideia XXI, 11(2), 453-474.

Maia, C., Pereira, S., Moura, R., Brito, C., Baltazar, M., Martins, S., Branco, Z., Roboredo, M., Nascimento-Gonçalves, E., Sousa, J. R., Coimbra, A. M., Azevedo, T., Lopes, H., Morais, M. C., Oliveira, P. A., & Dinis, L.-T. (2026). Modulation of grapevine physiological performance by compost and vermicompost obtained from vine pruning residues. *Plants*, *15*(4), Artículo 558. https://doi.org/10.3390/plants15040558

Mas, R. L. (2020). El problema del conocimiento tecnológico: una caracterización epistemológica general de la biotecnología. *Principia: an international journal of epistemology*, *24*(3), 551-567.

Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2021). *Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador*. https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/Libro-Blanco-final-web_mayo102021.pdf

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2010). *Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS)*. FAOLEX (ECU183188ANX). Disponible en https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu183188anx.pdf

Molina, M. V., Espinosa, J. J., Contreras, J. G., y Díaz, E. R. (2025). Gestión de residuos agroindustriales: un enfoque de bioeconomía circular. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *16*(1), e3645. https://doi.org/10.29312/remexca.v16i6.3792

Navarro Montoya, J. O. (2020). Análisis de los métodos de reaprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, 2015–2020.

Niezwida, S. R., Michalus, J. C., & Gavazzo, G. B. (2023). Revisión bibliográfica sobre los residuos sólidos urbanos. *InGenio Journal: La revista de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UTEQ*, *6*(2), 30–39. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9336139

Nonthapa, A., Iwai, C. B., Chankaew, S., & Falab, S. (2024). Dual-purpose vermicompost for the growth promotion and suppression of damping-off disease on potted vegetable soybean. *Plants*, *13*(12), 1607. https://doi.org/10.3390/plants13121607

Oborne, M. (2010). The bioeconomy to 2030: designing a policy agenda. *Organisation for Economic Cooperation and Development. The OECD Observer*, (278), 35.

Obsa, O., Tadesse, M., Kim, D.-G., Asaye, Z., Yimer, F., Gebrehiwot, M., Brüggemann, N., & Prost, K. (2022). Organic waste generation and its valorization potential through composting in Shashemene, Southern Ethiopia. *Sustainability*, *14*(6), Artículo 3660. https://doi.org/10.3390/su14063660

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2016). Objetivo 12: Consumo y producción responsables. Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2016). Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2023). *Soil management and organic fertilizers*. FAO.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2022). *Informe anual de 2021*. https://www.unep.org/es/resources/informe-anual-de-2021

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2024). *Informe Anual 2023: Un año de hitos*. https://www.unep.org/es/resources/informe-anual-2023

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2024). Panorama Mundial de la Gestión de Residuos em 2024. https://www.unep.org/pt-br/resources/panorama-global-do-manejo-de-residuos-em-2024

Peñuelas, J., Sardans, J., & Coello, F. (2023). A better use of fertilizers is needed for global food security and environmental sustainability. *Agriculture & Food Security, 12*, 5. https://doi.org/10.1186/s40066-023-00409-5

Quiroga Canaviri, J., & Menéndez-Gámiz, C. (2023). Desde la Bioeconomía de Georgescu-Roegen hasta la Bioeconomía andeamazónica.

Raworth, K. (2012). *A safe and just space for humanity: can we live within the doughnut?*. Oxfam.

Raworrh, K. (2017). *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-century Economist*. Vermonr: Chelsea Green Publishing.

Saldaña, J. A., Castillo, D. A., & León, W. P. (2025). *Implementación de un sistema de recolección y compostaje de residuos orgánicos para su aprovechamiento agrícola*. Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales, 19(2). https://doi.org/10.53591/7z311q96

Santillán-López, L. G., & Gines-Tafur, E. (2024). Gestión integral de los residuos sólidos y las políticas públicas en la mitigación de la contaminación del río Daule, provincia del Guayas, República del Ecuador. *Revista Científica Arbitrada de Investigación en Comunicación, Marketing y Empresa REICOMUNICAR. ISSN 2737-6354.*, *7*(14 Ed. esp.), 34-51.

Sarker, B. C. (2022). Physicochemical properties and nutrient contents of compost as influenced by organic wastes and methods of composting. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, *70*(1), 106–112. https://epubs.icar.org.in/index.php/JISSS/article/view/124404

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (SADER, 2022). *Humus de lombriz*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737318/14_Humus_de_lombriz.pdf

Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2014). *Gestión de residuos. Manejo de desechos sólidos en la fuente. Colores de recipientes* (NTE INEN 2841:2014).

https://gptsachila.gob.ec/estudioambiental2/documentos/Biblioteca/Normativa%20Ambiental/INEN%202841_Norma%20de%20colores.pdf

Schamber, P. J., & Tagliafico, J. P. (2021). El Sistema de Recolección Diferenciada en el territorio de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Características inéditas de la participación de cartoneros en la gestión de los residuos urbanos secos. *Laboreal*, *17*(Nº2).

Silupu, J. W. E., Flores, R. B., Prieto, M. E. N., Mejía, A. M. B., y Castañeda, C. A. B. (2025). Economía circular basada en bioinnovación: estrategias para transformar residuos orgánicos en recursos sostenibles. *Revista InveCom, 6*(3), 1-8.

Singh, J., Kalamdhad, A. S., y colaboradores. (2022). *Juxtaposing the quality of compost and vermicompost produced from organic wastes amended with cow dung*. Environmental Research, 214, 114063.

Solíz Torres, M. F., Durango Cordero, J. S., Solano Peláez, J. L., y Yépez Fuentes, M. A. (2020). Cartografía de los residuos sólidos en Ecuador 2020. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/Cartograf%C3%ADa-residuos-s%C3%B3lidos-Ecuador-2020.pdf

Strategy, U. B. (2018). A sustainable bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment. *Eur. Comm*.

Tan, Z. S., Manogaran, M. D., Shamsuddin, R., Hakimi, M., Looi, L. W., Woo, K. T., Liew, C. S., & Qomariyah, L. (2025). Comparative study on composting and vermicomposting to improve physicochemical properties of digestate with the addition of kitchen waste. *Food Technology and Biotechnology*, *63*(2), 149–158. https://doi.org/10.17113/ftb.63.02.25.8904

Toplicean, I. M., & Datcu, A. D. (2024). An overview on bioeconomy in agricultural sector, biomass production, recycling methods, and circular economy considerations. *Agriculture*, *14*(7), 1143.

Torres, L. C., Muñoz, Z. E., Gavica, M. M., Toapanta, A. M., Oña, L. J., y Tonato, A. F. (2024). Economía azul: Una estrategia sostenible para el aprovechamiento de los recursos oceánicos. *Journal of Development and Communities*, *6*(1), e5141. https://doi.org/10.46932/sfjdv6n4-020

United Nations Environment Programme; Climate & Clean Air Coalition (2021). Global Methane Assessment: Benefits and costs of mitigating methane emissions. https://www.sei.org/publications/global-methane-assessment/

United Nations Human Settlements Programme [UN-Habitat]. (2021). Annual Report 2021. *UN-Habitat.* https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/05/2021_annual_report.pdf

Valdivia-Espinoza, A., & Guardia-Muguruza, X. (2023). Valorización energética de residuos orgánicos: el vínculo entre la política energética y la gestión integral de residuos sólidos. *South Sustainability*, *4*(1), e074-e074.

Vera, R. C., Salas, L. O., Málaga, M. T., Salguero, H. C., & Aramayo, M. V. C. (2024). Económica Circular a partir de la Basura Orgánica que minimiza el riesgo de la Salud Pública en la ciudad de Potosí. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, *4*(3), 1801-1818.

Vyas, P., Sharma, S., & Gupta, J. (2022). Vermicomposting with microbial amendment: Implications for bioremediation of industrial and agricultural waste. *BioTechnologia*, *103*(2), 203–215. https://doi.org/10.5114/bta.2022.116213

Anexos

Anexo 1

INFORME DE RESULTADOS - Análisis de Abono Orgánico Sólido

AGRARPROJEKT S.A.
Dirección: Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito
E-mail: info@agrarprojekt.com
Télefono: 02-2490575 / 02-2492148 / 0984034148
RUC: 1791409930001

agrar PROJEKT Consultancy & Laboratory Services

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Código Agrarprojekt:	UTN-260622	**Cliente:**	María Ipiales
Fecha de Recepción:	2026-06-22	**Solicitado por:**	Est. Jessica Tallana
Fecha de Informe:	2026-07-02	**Ubicación:**	Otavalo
Informe de Ensayo N°:	1388	**Teléfono:**	0988263833

PROCESO DE ANÁLISIS

Método utilizado para la preparación de la muestra:
Conductividad Eléctrica (C.E) y pH: Preparación del Extracto Según Método Volumen 1:1% (Reglamento de Holanda para sustratos)
Contenido Total de Nutrientes: Secado de la muestra a ensayar hasta 0% de humedad - Determinación del % Materia Seca - Trituración de La muestra a ensayar ("40 mesh") - Incineración - Dilución en "Agua Regia".

NOTAS

-. AGRARPROJEKT S.A. se compromete en asegurar la confidencialidad de la información y resultados de los análisis de sus clientes. Entrega de resultados a terceras personas, únicamente con una solicitud por escrito del cliente.

-. Cuando el laboratorio sea requerido por ley o autorizado por las disposiciones contractuales para revelar información confidencial, se notificará al cliente o a la persona interesada la información proporcionada, salvo que esté prohibido por ley.

-. Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente, para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

-. La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.

-. El laboratorio no realizó el muestreo, por lo tanto, no certifica el origen de las muestras.

-. Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.

INFORME DE RESULTADOS

AGRARPROJEKT S.A.

Trabajamos bajo la Norma ISO 17025
PT09QLREV02

Código Agrarprojekt: UTN-260622

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS

Información Adicional:	Jessica Clara Tatiana Ipiales, Estudiante de la Universidad Técnica del Norte
Tipo de Muestra:	Abono Orgánico Sólido
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	Muestra Vermicompostaje Casero

CONTENIDO TOTAL DE MACRO- Y MICROELEMENTOS EN MATERIA SECA
MACROELEMENTOS EN %, MICROELEMENTOS EN ppm (EQUIVALENTE A mg/kg)

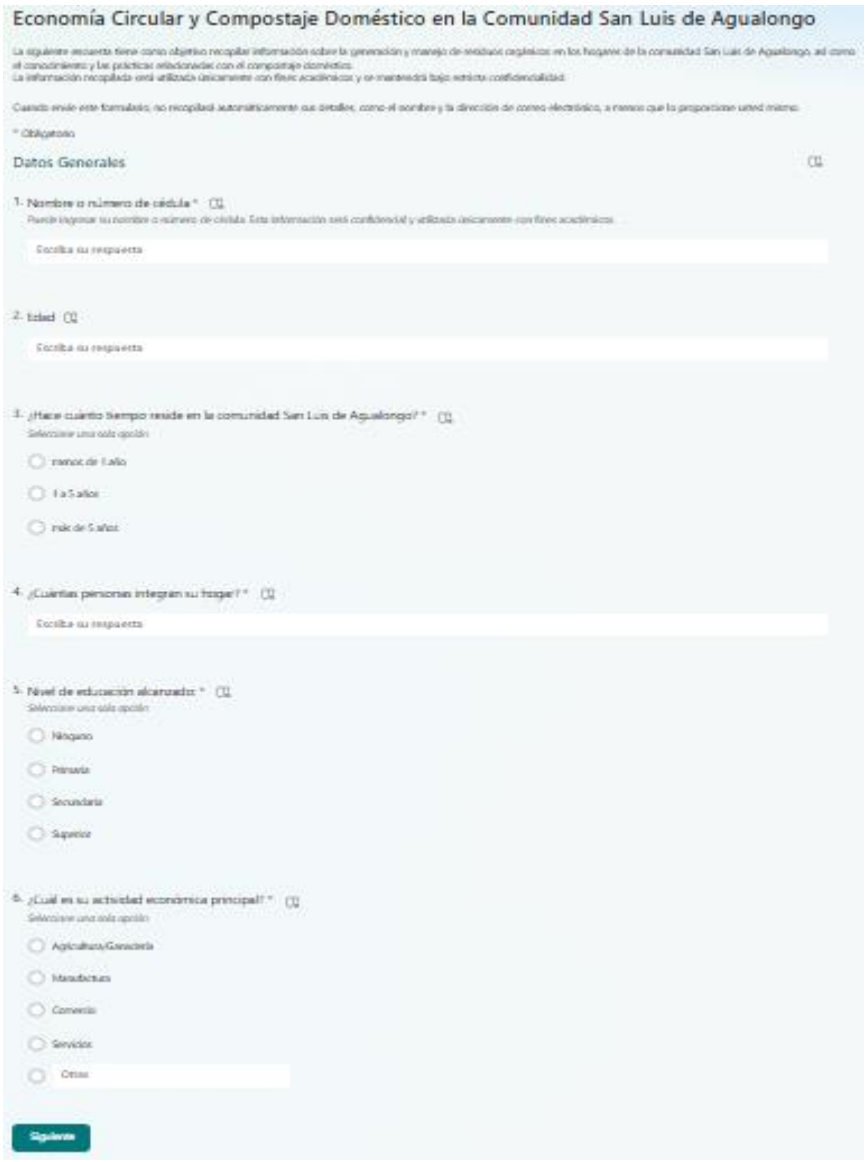
Análisis	Unidad	Método de Referencia	*Valores de Orientación: Niveles Adecuadas para un Compost de Buena Calidad	Resultado
Materia Seca	%	AOAC 930.04	50 - 70	56,4
Humedad	%	AOAC 930.04	30 - 50	43,6
Densidad (materia fresca, presión 0.1 kg/cm²)	g/L	Gravimétrico	-	833
Densidad Aparente (0% Humedad)	g/L	Gravimétrico	> 200	498
pH (Volumen 1:1 1/2)	-	EPA 9045 D	7,0 - 8,5	8,0
Conductividad - CE (Volumen 1:1 1/2)	mS/cm	SM 2510 B	> 4	2,72
Materia Orgánica	%	AOAC 967.05 / DIN 19684-3	> 65	45,52
Carbono (C)	%	AOAC 967.05	> 38	26,4
Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)	%	-	10:1 hasta 20:1	18 : 1
Nitrógeno Total (N)	%	AOAC 978.04	> 2,0	1,45
Fósforo (P)	%	SM 4500-P C	> 0,2	0,18
Potasio (K)	%	SM 3500-K B	> 1,5	1,18
Magnesio (Mg)	%	AOAC 975.03	> 0,2	0,19
Calcio (Ca)	%	AOAC 975.03	> 1,5	0,94
Sodio (Na)	%	SM 3500-Na B	< 0,2	0,07
Hierro (Fe)	ppm	AOAC 975.03	-	4080
Manganeso (Mn)	ppm	AOAC 975.03	-	256
Cobre (Cu)	ppm	AOAC 975.03	-	24,0
Zinc (Zn)	ppm	AOAC 975.03	-	121
Boro (B)	ppm	AOAC 982.01	-	91,6

* Fuente: R. Gottschall. Kompostierung ("Compostaje"). Verlag C.F. Mueller, Karlsruhe, Alemania. 295 p.

- = No Aplica

Analista de Informes

Anexo 2



Economía Circular y Compostaje Doméstico en la Comunidad San Luis de Agualongo

La siguiente encuesta tiene como objetivo recopilar información sobre la generación y manejo de residuos orgánicos en los hogares de la comunidad San Luis de Agualongo, así como el conocimiento y las prácticas relacionadas con el compostaje doméstico.
La información recopilada será utilizada únicamente con fines académicos y se mantendrá bajo estricta confidencialidad.

Cuando envíe este formulario, no recopilará automáticamente sus detalles, como el nombre y la dirección de correo electrónico, a menos que lo proporcione usted mismo.

* Obligatorio

Datos Generales

1. Nombre o número de cédula *
Puede ingresar su nombre o número de cédula. Esta información será confidencial y utilizada únicamente con fines académicos.

Escriba su respuesta

2. Edad

Escriba su respuesta

3. ¿Hace cuanto tiempo reside en la comunidad San Luis de Agualongo? *
Seleccione una sola opción

- menos de 1 año
- 1 a 5 años
- más de 5 años

4. ¿Cuantas personas integran su hogar? *

Escriba su respuesta

5. Nivel de educación alcanzado: *
Seleccione una sola opción

- Ninguno
- Primaria
- Secundaria
- Superior

6. ¿Cuál es su actividad económica principal? *
Seleccione una sola opción

- Agricultura/Ganadería
- Manufacturas
- Comercio
- Servicios
- Otros

Siguiente



Economía Circular y Compostaje Doméstico en la Comunidad San Luis de Agualongo

* Obligatorio

Cobertura de recolección

7. ¿Considera que existen problemas en el servicio de recolección de basura en su comunidad? *

Seleccione una sola opción

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- No estoy seguro
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

8. ¿Qué tipo de problemas? *

Puede marcar más de una opción

- Gran cantidad de basura
- Baja frecuencia del carro recolector
- Separación de residuos en orgánico e inorgánico
- Presencia de vectores (moscas, cucarachas, roedores)
- Ninguno
- Otros

9. ¿Qué hace con la basura cuando el servicio de recolección falla? *

Seleccione una sola opción

- Quemarlo
- Enterrarlo
- Tirarlo a la quebrada
- Lo acumula
- Otros

Atrás Siguiente


Economía Circular y Compostaje Doméstico en la Comunidad San Luis de Agualongo
* Obligatorio
Impacto ambiental y de salud
10. ¿Considera que la acumulación de basura genera problemas ambientales en su comunidad? *
Seleccione una sola opción
Totalmente de acuerdo
De acuerdo
Ni de acuerdo ni en desacuerdo
En desacuerdo
Totalmente en desacuerdo
11. ¿Algún miembro del hogar ha presentado enfermedades gastrointestinales, respiratorias o de la piel como consecuencia de la mala disposición de la basura? *
Seleccione una sola opción
Siempre
Casi siempre
Ocasionalmente
Casi nunca
Nunca
Atrás
Siguiente


Economía Circular y Compostaje Doméstico en la Comunidad San Luis de Agualongo
* Obligatorio
Impacto económico en salud
13. ¿Cuál es el gasto aproximado (en dólares) que realiza en cada curación o tratamiento de enfermedades relacionada con la contaminación por la basura? *
Escriba su respuesta
Atrás
Siguiente


Economía Circular y Compostaje Doméstico en la Comunidad San Luis de Agualongo
* Obligatorio
Nivel de conocimiento sobre compostaje doméstico
14. ¿Conoce sobre el proceso de compostaje? *
Seleccione una sola opción
Mucho
Bastante
Moderado
Poco
Nada
15. ¿Conoce alguna experiencia o iniciativa de compostaje en su comunidad o cerca de ella? *
Seleccione una sola opción
SI
NO
Atrás
Siguiente
Microsoft 365


16. ¿Conoce los beneficios que aporta el compostaje a los suelos y plantas? *
Seleccione una sola opción
Mucho
Bastante
Moderado
Poco
Nada
17. ¿Sabía usted que el compostaje puede generar algún beneficio o valor económico? *
Seleccione una sola opción
Lo sabía perfectamente
Sabía bastante
Sabía algo
Sabía muy poco
No lo sabía
18. ¿Considera usted que el compostaje es una opción positiva para reducir la basura y la contaminación ambiental? *
Seleccione una sola opción
Totalmente de acuerdo
De acuerdo
Ni de acuerdo ni en desacuerdo
En desacuerdo
Totalmente en desacuerdo
19. ¿Cuál de estos residuos considera que puede utilizarse para realizar el compostaje? *
Puede marcar más de una opción
Cáscaras de frutas y verduras
Restos de comida
Cartón
Residuos de animales (ray, gallina, vaca)
Hojas secas, pasto o ramas pequeñas
Atrás
Siguiente


Economía Circular y Compostaje Doméstico en la Comunidad San Luis de Agualongo
* Obligatorio
Implementación del proyecto de compostaje doméstico
20. ¿Estaría dispuesto/a a participar en la elaboración de compostaje doméstico en su hogar? *
Seleccione una sola opción
Definitivamente sí
Probablemente sí
No estoy seguro/a
Probablemente no
Definitivamente no
21. ¿Qué limitaciones tendría para realizar el compostaje? *
Seleccione una sola opción
Falta de conocimiento
Falta de interés
Falta de tiempo
Ninguno
Otros
Atrás
Enviar