



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INSTITUTO DE POSGRADO**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN AGROPECUARIA
MENCIÓN GESTIÓN DEL DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
MODALIDAD INFORME DE INVESTIGACIÓN**

**IMPLEMENTACIÓN DE VERMICULTURA VERTICAL PARA EL
MANEJO SOSTENIBLE DE RESIDUOS Y EL MEJORAMIENTO DE
LOS MEDIOS DE VIDA EN LA COMUNIDAD LAS MIELES,
ORELLANA.**

Ing. Bryan Paúl Játiva Sánchez

Bajo la tutoría de la Profesora
Ing. Mercedes Santistevan Méndez, Ph.D.

Trabajo de titulación como requisito parcial
para la obtención del grado de **Magíster en
Agropecuaria** mención **Gestión del
Desarrollo Rural Sostenible**, en el Programa
de Posgraduación en Agropecuaria.

Santa Elena, Ecuador

Julio de 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

TUTOR: ING. MERCEDES SANTISTEVAN MÉNDEZ, Ph.D.

CERTIFICA:

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación IMPLEMENTACIÓN DE VERMICULTURA VERTICAL PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE RESIDUOS Y EL MEJORAMIENTO DE LOS MEDIOS DE VIDA EN LA COMUNIDAD LAS MIELES, ORELLANA, elaborado por el Ing. BRYAN PAÚL JÁTIVA SÁNCHEZ, egresado de la Maestría en Agropecuaria mención Gestión del Desarrollo Rural Sostenible, Instituto de Posgrado de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Magíster en Agropecuaria mención Gestión del Desarrollo Rural Sostenible, me permito declarar que luego de haber dirigido científicamente y técnicamente en su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos y científicos, razón por el cual la apruebo en todas sus partes.

Atentamente,

ING. MERCEDES SANTISTEVAN MÉNDEZ, Ph.D.
TUTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, BRYAN PAÚL JÁTIVA SÁNCHEZ, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente artículo profesional de alto nivel, como requerimiento previo para la obtención del título de Magíster en Agropecuaria mención Gestión del Desarrollo Rural Sostenible, son absolutamente originales, auténticos y personales a excepción de las citas bibliográficas.

BRYAN PAÚL JÁTIVA SÁNCHEZ
AUTOR
C.I.:1723581722

DERECHOS DE AUTOR

Yo, BRYAN PAÚL JÁTIVA SÁNCHEZ, autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi informe de investigación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este informe de investigación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

BRYAN PAÚL JÁTIVA SÁNCHEZ

C.I.:1723581722

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Titulación presentado por Bryan Paúl Játiva Sánchez, como requisito parcial para la obtención del grado de Magíster en Agropecuaria, mención Gestión del Desarrollo Rural Sostenible.

Trabajo de Titulación **APROBADO** el: 02/07/2025

Ing. Ligia Solís Lucas, Ph.D

**COORDINADORA DEL
PROGRAMA**

Ing. Mercedes Santistevan Méndez, Ph.D.

DOCENTE TUTOR

Ing. Richard Intriago Barreno, Ph.D.

DOCENTE ESPECIALISTA

Ing. Verónica Andrade Yucailla, Ph.D.

DOCENTE ESPECIALISTA

Abg. María Rivera González, Mgtr.

SECRETARIA GENERAL

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	14
Justificación	15
<i>Planteamiento del problema</i>	15
<i>Formulación del problema científico</i>	16
Objetivos	16
Objetivo General:.....	16
Objetivos Específicos:	16
Hipótesis:	16
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	17
1.1 Vermicultura.....	17
1.2 Vermicultura en el Ecuador.....	18
1.3 Vermicultura en módulos verticales	19
1.4 Humus de lombriz	20
1.5 Lixiviado de lombriz	23
1.6 Lombriz roja californiana (<i>Eissenia foetida</i>).....	24
1.7 Residuos orgánicos.....	25
1.8 Encuesta estructurada	26
1.9 Vermicultura y el impacto ambiental	26
2.1 Ubicación del área de estudio.....	28
2.2 Tipo de investigación.....	28
2.3 Población.....	28
2.4 Diseño e implementación	29
2.5 Factores de estudio	29
2.6 Técnicas e instrumentos.....	30
2.6.1 Evaluación de la reducción de residuos orgánicos	30
2.6.2 <i>Valorización de los residuos orgánicos</i>	30
2.6.3 <i>Análisis del rendimiento de los módulos</i>	31
2.7 Análisis de datos.....	31
3.1 Resultado de la reducción de residuos orgánicos tratados.....	33
3.2 Resultados del rendimiento de los módulos de lombricultura.....	35
3.3 Resultado de la valorización de los residuos orgánico	36
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38

Conclusiones.....	38
Recomendaciones	39
Referencias Bibliográficas.....	41
Anexos.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de humus de lombriz en Ecuador.	19
Tabla 2. Factores y variables evaluados en el proyecto de implementación de módulos verticales de vermicultura en la comunidad Las Mieles.	30
Tabla 3. Transformación de los residuos orgánicos suministrados a los módulos de vermicultura vertical implementados en la comunidad Las Mieles.	34
Tabla 4. Determinación del precio de humus en el mercado ecuatoriano a través de un estudio de mercado.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Módulos verticales de lombricultura.	20
Figura 2. Ubicación geográfica de la comunidad Las Mieles.....	28
Figura 3. Modelo de módulos de lombricultura vertical.....	29
Figura 4. Producción de humus y lixiviados por módulo de vermicultura vertical implementado en la comunidad Las Mieles.	35

Índice de anexos

Anexo 1 Certificado antiplagio Compilatio.....	45
Anexo 2 Encuesta realizada a los beneficiarios previa implementación del proyecto.	46
Anexo 3 Proformas solicitadas a proveedores de humus.....	47
Anexo 4 Fotografías del desarrollo del proyecto en campo.	48

GLOSARIO

Vermicultura: es el cultivo de lombrices de tierra con la finalidad de obtener materia orgánica de calidad como el humus o vermicompost a través del uso de residuos orgánicos.

Residuos orgánicos: son materiales que pueden degradarse biológicamente por la ayuda de microorganismos, son desechos de actividades agrícolas, residuos de cocina.

Lombriz roja californiana (*Eissenia foetida*): es una lombriz de tierra de color rojo oscuro y es la más utilizada en la vermicultura, y a través de sus residuos se obtiene el humus.

Abono orgánico: es un fertilizante el cual se obtiene de la degradación de residuos orgánicos, los cuales se utilizan para la aplicación en cultivos vegetales para mejorar el rendimiento y productividad de estas.

Lixiviado de lombriz: es un fertilizante líquido de alta calidad, el cual se obtiene a través del proceso de vermicultura.

Humus de lombriz: es un abono sólido de alta calidad que se obtiene a través del vermicompostaje, el cual tiene un alto valor en calidad, ya que ayuda al mejoramiento de la fertilidad del suelo.

Módulo: partes que se encuentran divididas en el sistema de estudio recibe el nombre de módulo.

Análisis de rendimiento: es un proceso que consiste en recopilar, analizar e interpretar datos para evaluar el rendimiento de personas, equipos, departamentos o productividad.

Proveedores: un proveedor es una persona o empresa que suministra productos o servicios a otras personas o empresas.

Población: Una población es un conjunto completo de individuos u objetos que comparten características similares, los cuales habitan un determinado espacio geográfico en un momento específico.

Precio referencial: es un precio que se utiliza como estándar para comparar con otros precios. Se puede usar para saber si un precio es bueno o no.

Alimento suministrado: es un producto alimenticio que se provee a alguien que lo necesita. El suministro de alimentos puede referirse a la cantidad de productos que llegan al mercado o a la acción de proveerlo.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la comunidad Las Mieles, ubicada en la parroquia el Dorado, cantón Francisco de Orellana de la provincia de Orellana; el objetivo del proyecto fue implementar módulos de vermicultura vertical para el manejo sostenible de residuos y contribuir al desarrollo sostenible y el mejoramiento de los medios de vida, se trabajó con todos los moradores de la comunidad (27 familias), instalando 9 módulos verticales, asignando 1 módulo para 3 beneficiarios; las variables evaluadas fueron la cantidad de residuos orgánicos transformados a humus, la cantidad de humus y lixiviados que produce cada módulo en un ciclo de 90 días y el análisis del beneficio económico generado. Durante la fase de campo se realizaron tomas de datos cada 15 días (6 tomas), se pesó con la ayuda de una balanza Camry digital, la cantidad de alimento suministrado y las principales fuentes de alimento, al finalizar el ciclo se pesó la cantidad de humus y lixiviados producidos en cada módulo. En promedio 37,58 kg de residuos orgánicos fueron aprovechados por cada módulo, transformándolos a 14,49 kg de humus y 577,78 ml de lixiviados en un periodo de 90 días. En conclusión, con la implementación del proyecto la comunidad realizó el manejo sostenible de 338,23 kg de residuos orgánicos, pudiendo ser de hasta 1,35 toneladas al año y beneficiándose de la producción de humus que es una potencial fuente de ingresos ya que se obtuvieron 130,41 kg en un ciclo, llegando a ser hasta 521,64 kg en un año.

ABSTRACT

This study was carried out in the las Mieles community, located in the El Dorado parish, Francisco de Orellana canton in the Orellana province; the objective of the project was to implement vertical vermiculture modules for the sustainable management of waste and thus contribute to sustainable development and the improvement of livelihood, I worked with all the residents of the community (27 families), installing 9 vertical modules, assigning 1 module for 3 beneficiaries; the variables evaluated were the amount of organic waste transformed into humus, the amount of humus and leachate produced by each module in a 90-day cycle and the analysis of the economic benefit generated. During the field phase, data were collected every 15 days (6 collections), where it was weighted with the help of a Camry digital scale, the amount of food supplied and the main food sources, the amount of humus and leachate produced in each module was weighed. An average of 37.58 kg of organic waste was used per module, transforming it into 14.49 kg of humus and 577.78 ml of leachate over a 90-day period. In conclusion, with the implementation of the project, the community achieved the sustainable management of 338.23 kg of organic waste, which it could be up to 1.35 tons per year, and taking the benefit from the production of humus, a potential source of income, as 130.41 kg were obtained in one cycle, reaching up to 521.64 kg in one year.

INTRODUCCIÓN

La lombricultura es una biotecnología que se remonta a civilizaciones como la Sumeria y Egiptia, según la extensa bibliografía que existe al respecto, la lombriz era venerada y protegida ya que, era relacionada con la fertilidad de los suelos, también, fue denominada como el intestino del mundo por Aristóteles y estudiada por más de 40 años por Charles Darwin; a través de la historia, las sociedades han ido avanzando, desarrollando tecnologías como la Inteligencia Artificial que se muestra como la panacea hoy en día y han olvidado leyes básicas como la Ley de Lavoisier “*nada se destruye, solo se transforma*”, y es ahí en donde la naturaleza nos muestra de manera eficaz y eficiente el concepto de reciclaje con actores clave como las lombrices y larvas de mosca Soldado, capaces de transformar residuos orgánicos en abono para enriquecer suelos, afortunadamente, en la actualidad han surgido voces de alerta como los principios de la Economía Circular que fomentan biotecnologías como la vermicultura, dando así esperanza al cuidado y preservación del medio ambiente (Madalena, 2023).

En el año 2017, el Ministerio de Ambiente de Ecuador, manifestó que existe una deficiencia en el país en materia de clasificación de residuos y formación de docentes en temas ambientales, desencadenando un problema ambiental en el tratamiento de residuos orgánicos agudizado por un crecimiento exponencial de la población, por lo cual la vermicultura es una opción ante la problemática al descomponer adecuadamente los residuos orgánicos, además, puede ser implementada en zonas urbanas como rurales (Carrillo E. , Basantes, Mera, & Quiroz, 2023).

Hernández (2020) define el vermicompostaje como un proceso de bio-oxidación, degradación y estabilización de materia orgánica mediante la acción combinada de lombrices y microorganismos, obteniendo como resultado un producto final estabilizado, homogéneo y de granulometría fina llamado vermicompost, humus o compost de lombriz el cual tiene la capacidad de mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo mejorando así su fertilidad.

La presente investigación se enfocó en implementar módulos verticales de vermicultura en la comunidad Las Mieles y analizar la eficiencia de estos, además, determinar el beneficio económico y ambiental que puede generar en las familias residentes; la comunidad está ubicada en la parroquia el Dorado del cantón Francisco de Orellana, tiene una población menor a 100 habitantes, la principal actividad económica es la producción pecuaria, a pesar de que en los

últimos años el avance de la frontera agrícola de la parroquia ha aumentado significativamente principalmente con actividad ganadera, aún la cobertura de suelo predominante es el bosque, en sus diferentes tipos, otros cultivos importantes en el territorio son: café, cacao, caña de azúcar, plátano, yuca, entre otros, que principalmente son destinados al autoconsumo, la implementación de los módulos contribuye al desarrollo sostenible desde un enfoque ambiental y productivo de la comunidad, la cual tiene un porcentaje alto de necesidades básicas insatisfechas entre las cuales está la falta de un sistema de recolección de residuos (GAPR El Dorado, 2023).

Justificación

A nivel mundial, uno de los principales problemas ambientales es el manejo inadecuado de residuos orgánicos, y Ecuador no es la excepción, en el país se generan 5 millones de toneladas de residuos, de los cuales tan solo el 4 % se recicla, lo cual nos lleva a grandes desafíos en cuanto a sostenibilidad ambiental y gestión eficiente de residuos (Clavijo, Cajas, Toral, & Moreno, 2024). En este contexto la vermicultura se presenta como una alternativa sostenible al ser una biotecnología que utiliza a la lombriz roja californiana para reciclar residuos orgánicos biodegradables, obteniendo como resultado humus un abono cien por ciento orgánico, por lo que se considera que un futuro sea la alternativa más viable y eficiente para la recuperación de los suelos en zonas rurales y la gestión eficiente de residuos orgánicos (Melendez, 2022).

La alimentación, agricultura y el comercio generan residuos orgánicos que representan un porcentaje significativo del total de residuos producidos a nivel mundial, estos residuos al ser de origen orgánico son potencialmente aprovechables mediante biotecnologías como el compostaje y vermicultura, reduciendo de esta forma la emisión de gases de efecto invernadero, mejorando la fertilidad de los suelos y disminuyendo la contaminación ambiental, con principios de economía circular y sustentabilidad, aplicable en contextos urbanos y rurales (Clavijo, Cajas, Toral, & Moreno, 2024).

Planteamiento del problema

La agricultura es la actividad con mayor importancia para la alimentación humana, sin embargo, el avance de la frontera agrícola, el uso de agroquímicos y su intensificación, ha generado pérdida de diversidad, erosión de suelo e incremento en la emisión de gases de efecto invernadero, lo que agudiza los efectos del cambio climático, además, se considera la

producción agrícola como la responsable del 80 % de la deforestación a nivel mundial (Reyes & Cano, 2022).

Las actividades agrícolas generan una cantidad considerable de residuos orgánicos que son potencialmente aprovechables, pudiendo ser usados para obtener abonos orgánicos de alta calidad o incluso generar un beneficio económico al comercializar dichos abonos, sin embargo, si estos residuos no se tratan de una manera adecuada puede genera gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático (Clavijo, Cajas, Toral, & Moreno, 2024).

Formulación del problema científico

¿Son eficientes los módulos de vermicultura vertical para el manejo de residuos y tienen la capacidad de generar un beneficio económico y ambiental al ser implementados en la comunidad Las Mieles?

Objetivos

Objetivo General:

Implementar módulos de vermicultura vertical en la comunidad Las Mieles para el manejo sostenible de residuos y mejoramiento de los sistemas de vida.

Objetivos Específicos:

1. Reducir la cantidad de residuos orgánicos no tratados, producidos por las familias de la comunidad Las Mieles, generando beneficio ambiental.
2. Valorizar los residuos orgánicos a través de la vermicultura, generando un beneficio económico para las familias de la comunidad.
3. Determinar el rendimiento de los módulos verticales en producción de humus y recolección de lixiviados por ciclo de cosecha.

Hipótesis:

Los módulos de vermicultura vertical son eficientes y generan un beneficio económico y ambiental en la comunidad Las Mieles.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Vermicultura

La vermicultura es una práctica agrícola la cual consiste en el cultivo intensivo de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*), sobre camas de residuos orgánicos los cuales son aprovechados como abonos orgánicos para el desarrollo de los cultivos agrícolas, la materia orgánica que se obtiene por la lombriz recibe el nombre de humus o lombricomposta (Benítez, 2022).

La lombriz californiana requiere de altas concentraciones de materia orgánica para su alimentación, no tienen restricción alguna en cuanto al tipo de materia orgánica, estas pueden tener origen animal, vegetal o mixto, así misma pueden encontrarse en diferentes etapas de descomposición, la cantidad de alimento ingerida diariamente por las lombrices pueden ser igual a su peso, es decir, un kilogramo de lombrices requiere un kilogramo de materia orgánica, por lo que la demanda de materia orgánica utilizada en la vermicultura es alta, lo que ayuda a que el desperdicio de orgánicos no se convierta en un problema de contaminación, teniendo un efecto positivo en el medio ambiente (Riveros & Morena, 2024).

Hernández (2020) define el vermicompostaje como un proceso de bio-oxidación, degradación y estabilización de materia orgánica mediante la acción combinada de lombrices y microorganismos, obteniendo como resultado un producto final estabilizado, homogéneo y de granulometría fina llamado vermicompost, humus o compost de lombriz, durante este proceso los desechos se convierten en un material rico en nutrientes que las plantas pueden absorber fácilmente, además, la vermicomposta puede usarse como abono orgánico y mejorador del suelo una vez que se obtiene, así mismo, contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, aumentan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene un alto contenido de ácidos húmicos y desarrolla la capacidad de retención de humedad y la porosidad, facilitando la aireación, drenaje y medios de crecimiento (Hernández, 2020).

El uso de residuos orgánicos puede incluir desechos del hogar, restos de frutas y verduras, papel y cartón, posos de café y otros, el proceso de digestión producido por las lombrices transforma estos desechos, produciendo humus de lombriz, vermicompost o lombricompost, el cual es considerado una ecotecnología limpia, sin impacto ambiental y tiene costos moderadamente bajos de inversión, energía y mantenimiento. (Sogorb, 2022).

Para Guevara (2024), la vermicultura se refiere al manejo y explotación de lombrices en medios controlados, las lombrices ejercen un papel fundamental dentro del proceso de fertilización del suelo, su función se basa en digerir la materia orgánica para devolverla al suelo de una manera completamente descompuesta, enriqueciendo no solo con nutrientes esenciales al suelo, sino que también interfiere en la dilución de ciertos minerales facilitando la absorción de estos nutrientes por las plantas.

En su estudio experimental, Ramírez (2021) menciona que se espera que la producción de lombrices produzca 4 cosechas al año, lo que significa que el proceso de obtención de humus tarda alrededor de 3 meses, como resultado, concluimos que un ciclo de producción tarda 90 días.

1.2 Vermicultura en el Ecuador

La vermicultura está creciendo en Ecuador y en otros lugares del mundo, y a futuro será el método más rápido, eficiente y ecológico para transformar desechos sólidos de origen vegetal y animal en vermicompost, lombricompost o lombrihumus, gracias a la presencia de lombrices y microorganismos, Chile, Brasil, Colombia, Argentina y Ecuador son los principales países productores de humus de lombriz en América Latina, con explotaciones industriales, por otro lado, Filipinas es uno de los principales fabricantes de humus de lombriz para consumo humano a nivel mundial, debido a que no tiene olor ni sabor haciéndola competitiva con la harina de pescado tanto en calidad como en precio (Sinchiguano, 2019).

En Ecuador, se inició la actividad a través de una iniciativa privada en 1985, incluyendo el Centro Nacional 4-F de Conocoto, el cual cuenta con múltiples camas de multiplicación experimental y demostrativa para ofrecer información y capacitación a organizaciones campesinas, comunidades, técnico y socios de la fundación, desde entonces, la demanda de abonos orgánicos en el país está aumentando, lo que motiva a los agricultores a promover la lombricultura, esto se debe a que los abonos orgánicos son un producto rico en nutrientes para el suelo y garantizan la producción de productos sin contaminación. (Zambrano, 2022).

Tabla 1. Producción de humus de lombriz en Ecuador.

PRODUCTOR	UBICACIÓN DE INSTALACIONES	COMPRADORES	NÚMERO DE CAMAS	TONS DE HUMUS AL AÑO	HAS. ABASTECIDAS AL AÑO
S.C.I.C Lombricultura	Quito	floricultores horticultores	200	3,048	245
Ec. Hector Salvatierra	Ambato	agricultores en general	50	762	61
Proyecto El Inca	San Miguel/ Riobamba	flori y horti cultores camaroneros y ganaderos	120	2,745	220
Municipio y Universidad de Loja	Loja	agricultores	40	609	49
TOTAL			410	7,164	575

Uno de los principales desafíos a lo que se enfrenta la vermicultura en el Ecuador es a la falta de conocimiento y habilidades técnicas que poseen los agricultores, debido a que la mayoría de ellos carecen del conocimiento necesario para la crianza y mantenimiento de las poblaciones de lombrices lo que da como resultado un bajo rendimiento y fertilizantes de poca calidad (Briones, 2023).

Ramírez (2021) afirma que la producción de humus de lombriz en la región costera de Ecuador es de 195.000 sacos al año, sin embargo, al mantener una creciente demanda, dicha producción se vuelve insuficiente, por lo que se busca un incremento en la productividad, ya que, el humus de lombriz es muy demandado porque ayuda a mantener la estructura del suelo y mejora la flora microbiana.

1.3 Vermicultura en módulos verticales

La vermicultura vertical está compuesta por módulos que se ensamblan verticalmente y tienen perforaciones en la base que permiten que las lombrices se desplacen de un módulo a otro, estos pueden ser circulares o rectangulares (Figura 1), la población inicial se encuentra en el primer módulo y luego se mueven a los siguientes módulos con desechos frescos, los residuos nuevos se agregan periódicamente al sistema conforme las lombrices van agotando los residuos de cada unidad, un beneficio de este sistema es que al desplazarse a través del sistema de módulos, el material procesado queda libre de lombrices y se puede retirar fácilmente, un segundo beneficio es que, al colocar un módulo sin orificios en la parte inferior, se puede recolectar fácilmente y eficientemente los lixiviados de lombriz. (Erasmus, 2023).



Figura 1. Módulos verticales de lombricultura.

Fuente: Fernández, 2011

Fernández (2011), entre los principales aspectos positivos destaca:

- Alta producción de humus en áreas reducidas, aumentando la producción de 60 kg/m² en sistema tradicional en lechos, a 250 kg en sistema vertical.
- Garantiza una cosecha continúa normalizada a través del monitoreo de procesos, personal y recursos.
- Higiénico evitando malas hierbas, plagas y otros.
- El seccionamiento y la compartimentación de la producción evita interferencias y errores de proceso.
- Es compatible con producciones a pequeñas escalas o industrial.

1.4 Humus de lombriz

Es la materia orgánica que asido desagregada por los microorganismos y ha sido asimilada en donde el 60 % del abono orgánico se elimina por la lombriz y el 40 % se asimila y se convierte en biomasa de lombriz, habitualmente se usa una mezcla de suelo con material orgánico fresco (restos de vegetales, estiércol y otros) en una proporción de 3:1 o una mezcla de material orgánico compostado con material orgánico fresco en una proporción de 2:1, lo que permite que el humus de lombriz tenga muchas ventajas, como su naturaleza orgánica, que no daña el ecosistema y que al usarse como complemento, reduce la contaminación por el uso indiscriminado de fertilizantes químicos, ya que, el humus contiene más nutrientes en formas disponibles para las plantas como nitratos (N), fosfatos (P), potasio (K) y magnesio (Mg) soluble e intercambiables, fósforo (P) y calcio (Ca), además, tiene partículas de gran superficie,

lo que proporciona numerosos microespacios para el desarrollo de la actividad microbiana y la retención de nutrientes (Mendoza & Plaza, 2019).

Profundizando en cuanto a sus características físicas, es de color negro, granulado, homogéneo y tiene un agradable olor a mantillo de bosque, contiene una gran cantidad de ácidos húmicos y fúlvicos, sin embargo, estos no se originan por la digestión de la lombriz, sino por toda la actividad microbiana que ocurre durante el descanso en el lecho, posee una gran carga microbiana de alrededor de 20 mil millones de grano seco, lo que ayuda a proteger la raíz de bacterias y nematodos, además, produce hormonas como el ácido indol acético y el ácido giberélico, que promueven el crecimiento y las funciones esenciales de las plantas (Cajas, 2019).

Por otro lado, el humus también facilita la absorción inmediata de los elementos fertilizantes, ya que, posee capacidad de taponamiento haciendo que los terrenos ligeramente ácidos o básicos se neutralicen cuando está presente, además, su pH neutro permite que se adhiera a la raíz, lo que evita completamente el shock del trasplante y facilita la germinación de las semillas, también, contiene sustancias fitoreguladoras que mejoran la capacidad inmunológica de las plantas, controlando la aparición de plagas (Cajas, 2019).

El humus tiene todas las propiedades mencionadas, por lo que cuando se usa, mejora la estructura y el equilibrio del terreno y aumenta su capacidad de producción, además de los nutrientes y hormonas vegetales, tiene una carga bacteriana significativa que descompone los nutrientes en formas que las plantas pueden absorber (Clavijo, Cajas, Toral, & Moreno, 2024).

Guevara (2024), afirma que el pH neutro evita problemas de dosificación y fitotoxicidad, incluso si se usa puro en dosis excesivas no quema ninguna planta y tiene una vida útil o residualidad de hasta 5 años, así mismo, se utiliza como sustrato para satisfacer la demanda de nutrientes de los cultivos hortícolas en invernadero y reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos.

El humus tiene la capacidad de captar los rayos solares debido a su color oscuro que es otro aspecto de suma importancia, dado que favorece la absorción de luz de las plantas lo que mejora el proceso de fotosíntesis, mejorando el crecimiento y rendimiento de los cultivos agrícolas, además, el humus mejora la estructura del suelo, promoviendo un adecuado desarrollo del sistema radicular, ya que las raíces de las plantas necesitan un aporte constante de oxígeno para

respirar y crecer, así como aireación del suelo para facilitar la máxima absorción de elementos esenciales para el crecimiento (Madalena, 2023).

Guevara (2024), resalta como principales las siguientes propiedades del humus:

- Es limpio, suave al tacto, y su alta bio estabilidad evita que se fermente.
- Contiene una gran cantidad de enzimas y bacterias que mejoran la solubilidad de los nutrientes.
- Mejora la germinación de las semillas y el desarrollo de plántulas.
- En comparación con otros ejemplares de la misma edad, se observa una notable mejora en el porte de plantas, árboles y arbustos.
- Previene enfermedades y evita el shock por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad durante el trasplante.
- Se puede usar sin problemas en estado puro y está libre de nemátodos.
- Fomenta la formación de hongos.
- Su pH neutro lo hace ideal para plantas delicadas.
- Las plantas son más resistentes a las plagas y agentes patógenos debido a su acción antibiótica.
- Contribuye al mantenimiento y el desarrollo de la microfauna y la microflora del suelo.
- Se beneficia de la absorción radicular.
- Controla el crecimiento y el funcionamiento de los microorganismos nitrificadores.
- Aporta nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, boro y los libera gradualmente, y al aumentar la superficie activa, interviene en la fertilidad física del suelo.
- Absorbe los compuestos de reducción que se han formado en el suelo como resultado de la compresión natural o artificial.
- Elimina posibles contaminantes como herbicidas y ésteres fosfóricos.
- Facilita el trabajo mecánico del terreno y aumenta su eficacia.

Así mismo Briones (2023), indica que el humus producido dentro de la lombricultura es considerado un abono orgánico de alta calidad para su funcionamiento el cual aporta una gran cantidad de nutrientes para la fertilización de todo tipo de cultivos mejorando la productividad de estos, además, se debe considerar que la calidad del humus y el rendimiento depende del alimento suministrado a las lombrices, considerando que está compuesto posee macro y micronutrientes y hormonas vegetal que intervienen en el crecimiento y desarrollo de la planta,

además de ello este humus posee microorganismo que actúan de manera beneficiosa para mejorar la calidad biológica y estructura del suelo.

1.5 Lixiviado de lombriz

Los líquidos que se extraen y almacenan del proceso de transformación de los desechos orgánicos se denominan lixiviado de lombriz, este derivado líquido es un biofertilizante natural el cual posee macroelementos como nitrógeno, fósforo y potasio, de la misma manera que microelementos como zinc, hierro, boro, azufre, calcio entre otros nutrientes esenciales para un desarrollo óptimo de las plantas, además, se encuentra enriquecido con algunas enzimas, proteínas, aminoácidos y microorganismos benéficos, siendo apto para todo tipo de cultivo (INIFAP, 2022).

Según Martínez & Ruiz (2018), el exfoliante de lombrices, también conocido como lixiviado de lombrices, es un líquido que se forma como resultado de la filtración constante del agua en los lechos o canchales donde se encuentran las lombrices, este líquido se infiltra, fluye y se recolecta en ciertos contenedores.

Este biofertilizante líquido puede usarse mediante aplicaciones foliares porque contiene microorganismos beneficiosos y nutrientes solubles, también, puede aplicarse a través de sistemas de riego presurizado, lo que permite su uso en sistemas de producción de cultivos orgánicos en condiciones de invernadero, además, se ha utilizado para prevenir enfermedades, tanto en aspersión foliar como aplicada al sustrato (INIFAP, 2022).

Jaramillo & Muñoz (2018) destaca las siguientes características de los lixiviados del humus:

- Aumenta la biomasa de los microorganismos terrestres.
- Fomenta el desarrollo radicular.
- Mantiene la humedad en el suelo.
- Aumenta la producción de clorofila en las plantas.
- Disminuye la conductividad eléctrica de los suelos salinos.
- Fortalece el pH en suelos ácidos.
- Mantiene en equilibrio el desarrollo de los hongos presentes en el suelo.
- Mejora la producción de cultivos.
- Reduce la actividad de los chupadores como los áfidos.
- Impulsa la actividad de varios pesticidas y fertilizantes disponible en el mercado.

- Absorción por la raíz y por las estomas.

1.6 Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

La lombriz roja californiana, es un organismo biológicamente simple, contiene un 90 % de agua y su color se debe a los pigmentos de éster metílico y protoporfirina que la protegen contra la radiación ultravioleta, en cuanto a sus características físicas su tamaño oscila entre 0 a 10 cm, su diámetro puede oscilar entre 0,5 y 2,5 mm y sus clitelios oscilan entre 8 y 17,5 mm, en cuanto a su morfología, este anélido tiene muchos anillos que le dan una forma alargada y cilíndrica, y su cabeza es ligeramente puntiaguda, sus órganos sexuales masculinos y femeninos se encuentran entre los anillos 15 y 21 tanto los masculinos como los femeninos, cabe mencionar, que su tiempo de vida es de aproximadamente 5 años, son muy prolíficas, se desarrollan rápidamente y alcanzan la madurez sexual al segundo o tercer mes de vida, por lo que su población se duplica cada 45 o 60 días, como ejemplo, un millón de lombrices pueden convertirse en 12000000 en un año y 144000000 en el segundo año, durante este tiempo, pueden transformar 240.000 toneladas de desechos orgánicos en 150.000 toneladas de humus (Del Castillo & Díaz, 2021).

Benítez (2022) mencionan entre las principales características de la lombriz roja californiana:

- Su respiración es a través de su piel de color rojo oscuro.
- No soporta la luz solar, por lo que una lombriz muere en pocos minutos si se expone al sol.
- Puede producir hasta cien lombrices por año si las condiciones son favorables.
- Su ciclo de vida es de alrededor de cuatro y medio años.
- No tiene pulmones ni dientes, tiene seis riñones y cinco corazones.
- Se desarrollan sexualmente a los tres meses y tienen un peso de 1-1,5 g, una longitud de 7 a 10 cm y un diámetro de 2- 4 mm.
- Se alimentan exclusivamente de materia orgánica.
- Se mantienen en el mismo lugar mientras haya alimento disponible.
- Es fácil adaptarse a diferentes climas.
- Procesa su alimento durante el día y se reproduce en la superficie durante la noche.
- El excremento o humus de la lombriz contiene una cantidad cinco veces mayor de N, cinco veces mayor de K, siete veces mayor de P y dos veces mayor de Ca que la materia orgánica que ingirió.

1.7 Residuos orgánicos

Los desechos orgánicos se describen como un material que no tiene una utilidad o valor económico para el propietario que se convierte en generador de residuos, actualmente, los desperdicios se pueden clasificar de varias maneras, dependiendo de su estado, origen o característica, así como de las fuentes de producción, el tipo de material, las posibilidades de tratamiento en común o utilización (Guevara, 2024).

En Ecuador, se producen en promedio 58.829 toneladas de desechos cada semana, de las cuales el 20 % está dispuesto en condiciones adecuadas y apenas el 14 % se recicla, en cuanto a la distribución de los desechos producidos el 53,9 % corresponde a materiales orgánicos (2.580,39 t/mes), el 24,4 % restante corresponde a cartón y papel (1.168,55 t/mes), el 10,9 % a plástico (520,85 t/mes), el 6,5 % a metales y chatarra (309,75 t/mes) y el 4,4 % a vidrio (208,8 t/mes) (Aguilar, 2020).

En el país, hay una acumulación diaria de 6.000 kg de desechos orgánicos, incluyendo desechos provenientes de la producción agrícola y forestal, sin embargo, no se realiza el manejo adecuado de estos residuos y se les da un tratamiento de basura común debido a la falta de alternativas tecnológicas o al procesamiento industrial limitado, lo que resulta en un bajo índice de innovación que no permite la reutilización de los desechos agroindustriales de manera ecológica (Ramírez, 2021).

En Riobamba, se llevó a cabo un estudio que permitió realizar un análisis de los desechos sólidos producidos en el mercado público municipal de "San Pedro de Riobamba", de los cuales el 95.59 % son desechos orgánicos, por lo tanto, se realizó un compostaje formando cúmulos, controlando la temperatura y la humedad, lo que resultó en un compost excelente con micro y macronutrientes esenciales que luego fueron incorporados en parques, jardines, espacios verdes y en agricultura, es por ello, que los desechos de origen orgánico tienen una alta probabilidad de ser utilizados, lo que beneficia tanto al medio ambiente como a la sociedad al disminuir la contaminación y permitir la recuperación de ecosistemas alterados, siendo la producción de compost, los bioenergéticos y los alimentos para animales las principales alternativas (Aguilar, 2020).

Entonces, estos desechos que no tienen valor para el propietario pueden mejorar la estructura y el drenaje interno del suelo, el uso de desechos orgánicos permite la conservación y conservación de la materia orgánica (MO) que se pierde por la erosión, y los desperdicios

orgánicos se pueden convertir en productos de valor agregado para las prácticas de restauración ecológica y programas de fertilidad del suelo (Mendoza & Plaza, 2019).

1.8 Encuesta estructurada

La encuesta es un método de investigación que recopila información y datos a través de una serie de preguntas específicas, si se tiene en cuenta que ese método es autoadministrado, no se puede compartir dicha afirmación, ya que el intercambio aquí es entre el encuestado y su propio instrumento metodológico a través de un cuestionario, sin embargo, la definen como una técnica empírica que utiliza un instrumento o formulario impreso o digital para encontrar respuestas al problema en estudio y que los sujetos que aportan la información lo llenan por sí mismos (Feria, Matilla, & Mantecón, 2020).

Katz, Seid & Abiuso (2019) describen la encuesta como un método de recopilación de datos que utiliza cuestionarios estandarizados para investigar una variedad de temas relacionados con las personas o grupos estudiados, estos temas incluyen hechos, actitudes, creencias, opiniones, pautas de consumo, hábitos, prejuicios predominantes e intenciones de voto, su elaboración implica crear un conjunto de preguntas organizadas de acuerdo con una lógica específica, la autora mencionada anteriormente, recomienda comenzar el cuestionario con preguntas que no sean demasiado intrusivas ni requieran respuestas comprometedoras, con el fin de generar confianza en el encuestado y crear un ambiente agradable, a continuación, las preguntas centradas en temas más íntimos y que requieren mayor participación deberían colocarse en el centro del cuestionario, y finalmente, proponen preguntas simples que despiden al encuestador de manera amable.

1.9 Vermicultura y el impacto ambiental

Un estudio realizado por Carrillo, et al. (2023) manifiesta que las lombrices tienen un papel importante dentro del medio ambiente con la producción del abono orgánico (humus), el cual se obtiene a través de sus defecaciones por el alto contenido de la flora bacteriana la cual aporta gran cantidad de nutrientes, también menciona, que los desechos orgánicos como estiércol de ganado vacuno, restos vegetales, frutas, hortalizas desechos de cascara, entre otros, son parte esencial dentro de la alimentación de las lombrices, además, que al darle otro uso a estos residuos se genera un impacto ambiental positivo y desarrollo de la humanidad, mejorando la calidad de vida, convirtiéndose en una excelente alternativa para disminuir los problemas ambientales y así reducir la huella ecológica, sin embargo, es indispensable educar a las

colectividades sobre lombricultura para que puedan interactuar adecuadamente con el entorno, y generar un cambio dentro de la cultura sobre lo que conlleva el cuidado del medio ambiente y las alternativas de uso que se puede brindar a los desechos orgánicos.

En la actualidad la humanidad enfrenta problemas ambientales complejos, uno de ellos se debe a los desechos orgánicos producidos por el ser humano que crece de manera exponencial con el incremento poblacional, por ende, la producción de humus de lombriz representa una alternativa eficaz en el manejo de residuos, con la aplicación de la lombricultura también se conlleva al reciclaje, dado que los productos deben ser separados acordes al tipo de alimentación que se les brinde a los módulos de lombrices y con esto se reduce la producción de residuos, generando una alternativa económica y rentable (Guevara, 2024).

La lombricultura no solo presenta una alternativa para la mitigación del impacto ambiental, a su vez es una opción económica para los integrantes de una población, dado que el producto obtenido presenta una demanda alta en el mercado de productos agrícolas por sus altos beneficios, siendo así, una nueva fuente de ingresos económicos a las comunidades, que puede contribuir al desarrollo productivo, económico y bienestar social de las mismas, el análisis económico verifica que el negocio es rentable, y que parámetros son los indicados para obtener su mayor potencial, asimismo, la actividad económica favorece la protección y conservación de los recursos y ecosistemas del medio ambiente (Gutierrez, 2018).

Para tener una rentabilidad económica dentro del proyecto de vermicultura es fundamental considerar todos los costos de producción, mano de obra y materiales, además, de conocer con precios referenciales que distribuyen otros proveedores el producto, esto ayuda a establecer un precio competitivo y del cual se podrá obtener ganancias, y así ayudar al desarrollo de las comunidades, brindándolas una alternativa socio económica (Robellido, et al., 2021).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del área de estudio

El proyecto de investigación se realizó en la comunidad Las Mieles, ubicada en la provincia de Orellana, cantón Francisco de Orellana, parroquia El Dorado, posee una situación astronómica: en $0^{\circ} 30' 10''$ Latitud Sur y $76^{\circ} 58' 23''$ Longitud Oeste (Figura 2) , con una topografía con pendientes de 12 al 25 %, en cuanto a las condiciones geográficas, se reporta una precipitación anual que promedia entre 3.300 y 3.400 mm, mientras que la evapotranspiración varía entre 1.600 y 1.650 mm al año, lo que indica un excedente hídrico durante todo el año, en cuanto a la temperatura anual promedio es de 26 grados Celsius (GAPR El Dorado, 2023).

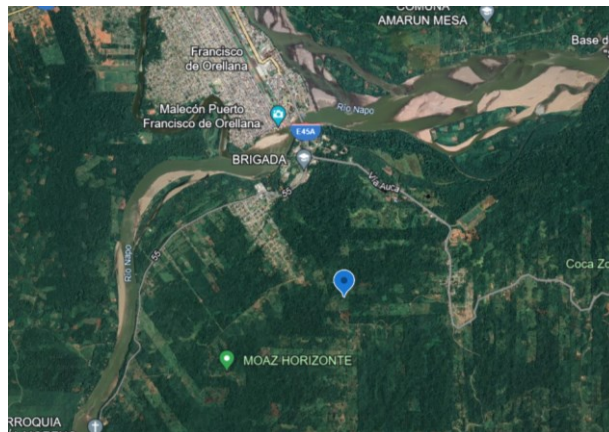


Figura 2. Ubicación geográfica de la comunidad Las Mieles.

Fuente: Gogle earth, 2024.

2.2 Tipo de investigación

En la presente investigación se aplicó un diseño no experimental de tipo aplicativo que busca la generación de conocimiento mediante la implementación de prácticas de manejo sostenible de residuos en una población objetivo, analizando el beneficio económico y ambiental que puede generar la implementación de módulos de vermicultura vertical.

2.3 Población

La presente investigación se desarrolló en la comunidad de Las Mieles, la cual está conformada por 46 socios, de los cuales 27 residen de manera permanente en el territorio comunal. En función de ello, el estudio se centró en las 27 familias que habitan en la comunidad. La actividad económica predominante en la zona es la producción agropecuaria, constituyéndose como el

principal sustento de las familias. Dado el tamaño reducido de la población, se optó por trabajar con la totalidad de los habitantes residentes, permitiendo así un abordaje integral y representativo del contexto comunitario.

2.4 Diseño e implementación

Cada módulo se conformó por tres gavetas plásticas 0,25 m de alto, 0,40 m de ancho y 0,6 m de largo, con orificios inferiores para la filtración de los lixiviados y una gaveta sin orificios en la base para la recolección de estos, con una tapa de madera para evitar el exceso de agua por la lluvia (Figura 3), y estuvieron cubiertos con casetas con malla y zinc, y otros casos con plástico, para evitar el ataque de depredadores como pájaros o roedores. La siembra de las lombrices se realizó a una densidad de 500 lombrices / 0.06 m³, en la primera gaveta tomada en cuenta de abajo hacia arriba; para la densidad de siembra de lombrices, se tomó de referencia el estudio realizado por Ccasanani y Poma (2012), quienes la realizaron a razón de 800 lombrices / 0,2 m³, en esta investigación las gavetas tienen una capacidad de 0,06 m³ lo que nos da una densidad de 240 lombrices por módulo.

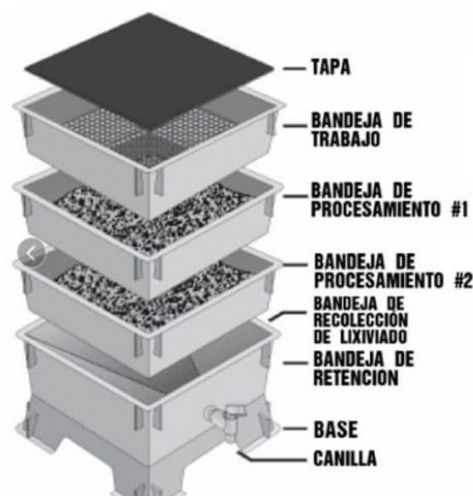


Figura 3. Modelo de módulos de lombricultura vertical.

Fuente: ekosolfarm, 2018.

2.5 Factores de estudio

Los factores evaluados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores y variables evaluados en el proyecto de implementación de módulos verticales de vermicultura en la comunidad Las Mielles.

Factores de estudio	Variables
Reducción de los residuos orgánicos	Cantidad de residuos producidos por grupo de familias (kg)
	Cantidad de residuos transformados en humus (kg)
Valorización de los residuos orgánicos	Precio del humus en el mercado local (USD)
Rendimiento de los módulos verticales	Lixiviados recolectados por módulo en un ciclo (L)
	Humus producido por módulo en un ciclo (kg)

2.6 Técnicas e instrumentos

2.6.1 Evaluación de la reducción de residuos orgánicos

La evaluación de la reducción de residuos orgánicos no aprovechados se determinó mediante el pesaje de la materia producida por las familias, previo a la incorporación en los módulos verticales, los pesajes se realizaron en intervalos de 15 días durante el periodo de estudio (90 días), se utilizó una balanza digital marca Camry con pantalla iluminada de capacidad máxima 20 kg y mínima de 5 g, los datos recolectados se registraron en una libreta de campo, para su sumatoria final al terminar la fase de campo.

Formula aplicada:

$$\sum X = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$$

2.6.2 Valorización de los residuos orgánicos

Para la valorización de residuos orgánicos, se determinó el promedio de residuos producidos durante el periodo de estudio, el porcentaje de transformación a humus y el

precio del mismo en el mercado con la ayuda de proformas de proveedores del producto, logrando un estimado del beneficio económico si se comercializa el humus producido.

Formula aplicada:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_n}{N}$$

2.6.3 *Análisis del rendimiento de los módulos*

El rendimiento productivo de los módulos verticales se determinó al finalizar la fase de campo (90 días), se pesó el total de humus producido en módulo con una balanza de características descritas en el apartado 2.6.1, y se midió la cantidad de lixiviados producidos que se recolectaron en la gaveta base (sin perforaciones) con la ayuda de un embudo plástico de 20 cm de diámetro y un recipiente medidor de volumen con capacidad de 1 L, con los datos obtenido se calculó el porcentaje de transformación de residuos orgánicos a humus para el análisis de la eficiente de los módulos verticales.

Formula aplicada:

$$\text{Rendimiento} = \frac{(\text{kg de humus obtenido})}{(\text{kg de desechos empleados})} * 100$$

2.7 *Análisis de datos*

A partir de la metodología establecida, se procedió al análisis de los datos recolectados mediante técnicas de estadística descriptiva, con el objetivo de resumir, organizar y representar de forma clara y comprensible la información obtenida durante el desarrollo del estudio. Esta fase del trabajo resultó fundamental para identificar tendencias, patrones y características relevantes dentro del conjunto de datos, lo cual permitió establecer una base sólida para la interpretación de los resultados y la posterior elaboración de conclusiones.

Para llevar a cabo dicho análisis, se utilizó el software Microsoft Excel, una herramienta ampliamente reconocida en el ámbito académico y profesional por su versatilidad y funcionalidad. Su aplicación permitió no solo sistematizar la información de manera eficiente, sino también representar los datos a través de gráficos y tablas dinámicas que

facilitaron la comprensión visual de los resultados. Estas representaciones gráficas fueron clave para evidenciar comportamientos, comparaciones y relaciones entre variables, lo que contribuyó significativamente a una interpretación más profunda y detallada de los hallazgos obtenidos.

Además, el uso de Microsoft Excel permitió aplicar fórmulas y funciones estadísticas básicas, tales como promedios, desviaciones estándar, frecuencias absolutas y relativas, entre otras, que fueron esenciales para caracterizar los datos cuantitativos de forma precisa. En conjunto, este enfoque analítico proporcionó una visión integral de la información recolectada, permitiendo validar algunos de los supuestos planteados en la investigación y servir de soporte para el desarrollo de futuras recomendaciones.

CAPÍTULO 3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

3.1 Resultado de la reducción de residuos orgánicos tratados

La implementación de los módulos de vermicultura vertical evidenció una notable reducción de los residuos orgánicos domiciliarios, los cuales fueron transformados en humus de alta calidad, contribuyendo a la mejora de la fertilidad del suelo. Este proceso, además de los beneficios ambientales, permitió que las familias participantes adquirieran conocimientos prácticos sobre el manejo adecuado de residuos y la producción de bioinsumos. Como resultado, se generaron oportunidades tanto para el autoconsumo como para la comercialización de productos, fortaleciendo la conciencia ambiental y el compromiso comunitario con prácticas sostenibles.

Tal como se muestra en la Tabla 3, el módulo 6 recibió la mayor cantidad de alimento, con un total de 47,55 kg. No obstante, fue el módulo 5 el que alcanzó el mayor porcentaje de transformación de residuos en humus, con un 49 %. Este rendimiento se atribuye al tipo de sustrato utilizado, compuesto por estiércol de cerdo, residuos de cocina y paja, materiales que favorecen una descomposición más eficiente. En contraste, el módulo 3 obtuvo el porcentaje de transformación más bajo (29 %), resultado relacionado con el uso de legumbres, frutas y residuos de cocina como fuente de alimentación, los cuales poseen un alto contenido de agua y menor estabilidad estructural.

En promedio, cada módulo transformó 37,58 kg de residuos orgánicos durante el ciclo de 90 días, lo que representa un total de 338,23 kg de residuos gestionados de manera sostenible por la comunidad. Este valor proyectado anualmente se traduce en aproximadamente 1,35 toneladas de desechos aprovechados, lo que contribuye de forma significativa al desarrollo sostenible de la comunidad de Las Mieles, así como a la consolidación de prácticas de economía circular a nivel local.

Tabla 3. Transformación de los residuos orgánicos suministrados a los módulos de vermicultura vertical implementados en la comunidad Las Mielles.

Modulo	Cantidad total de alimento suministrado (kg)	Principal fuente de alimento	Transformación de residuo orgánico (%)
1	32,84	Residuos de cocina y frutas	48
2	27,16	Cascaras de verde y residuos de cocina	42
3	45,71	Legumbre, frutas y residuos de cocina	29
4	26,6	Residuos de cocina y frutas	39
5	35,43	Estiércol de cerdo, residuos de cocina y paja	49
6	47,55	Residuos de cocina y de cosecha de cacao	40
7	38,49	Residuos de cocina y de cosecha de cacao	32
8	39,4	Cascaras de verde y residuos de cocina	35
9	45,05	Residuos de cocina y de cosecha de cacao	38

Estos resultados coinciden con los hallazgos de Moreno (2018), quien en su estudio sobre la viabilidad técnico-económica del vermicompostaje con estiércol, reportó tasas de conversión de hasta el 60 %, señalando que este valor varía según las características físico-químicas de los residuos utilizados. Esto respalda el desempeño observado en el módulo 5 del presente estudio.

Por su parte, Guevara (2024) encontró una relación directa entre el tipo de alimento suministrado y la tasa de reproducción de las lombrices. En su investigación, recomendó una combinación de 60 % de restos de frutas y verduras, 20 % de posos de café y 20 % de papel o cartón triturado, con el fin de incrementar hasta en un 50 % la producción de huevos, lo cual es relevante para futuros ciclos productivos y la sostenibilidad del sistema.

3.2 Resultados del rendimiento de los módulos de lombricultura

En la Figura 4 se presenta el rendimiento de los nueve módulos verticales de lombricultura, especificando la cantidad de humus (kg) y lixiviados (ml) producidos durante el período de estudio. Se observa que el módulo 6 registró la mayor producción de humus, alcanzando un total de 19,02 kg, superando significativamente a los demás módulos. En contraste, el módulo 3 presentó la mayor generación de lixiviados, con un volumen de 800 ml.

Estas diferencias en la producción se atribuyen principalmente al tipo de residuos orgánicos utilizados como sustrato para la alimentación de las lombrices. En el módulo 3 se emplearon legumbres, frutas y residuos de cocina, los cuales poseen un alto contenido de humedad, lo que favorece la generación de lixiviados durante el proceso de descomposición. Por otro lado, los residuos más sólidos y de rápida degradación, como los restos de cocina con menor contenido de agua, favorecieron una mayor conversión a humus, como se evidenció en el módulo 6.

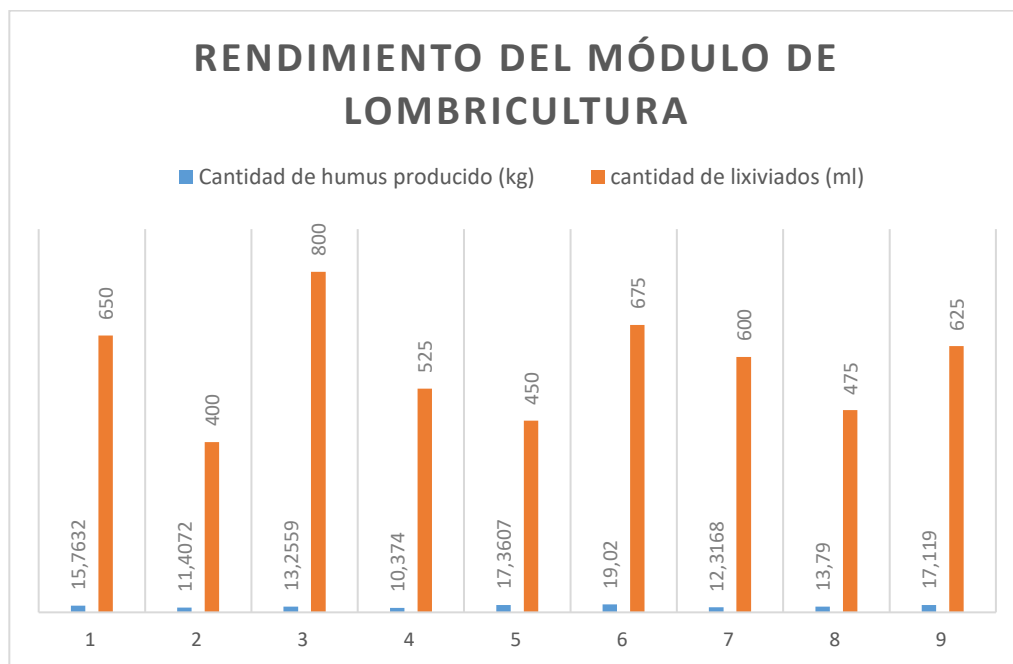


Figura 4. Producción de humus y lixiviados por módulo de vermicultura vertical implementado en la comunidad Las Mieles.

Estos hallazgos coinciden con los resultados reportados por Gutiérrez (2018), quien concluye que las características físico-químicas de los residuos orgánicos influyen directamente en la cantidad y calidad del humus producido. Su estudio confirma que los desechos orgánicos de fácil degradación, como los residuos de cocina, generan mayor cantidad de humus, mientras

que los residuos vegetales frescos tienden a producir más lixiviados debido a su mayor contenido de agua.

Asimismo, Carlesso et al. (2012) destacan que la vermicultura vertical es una tecnología eficiente y adaptable a distintos contextos espaciales, tanto en zonas rurales como urbanas. Su aplicación permite convertir residuos domésticos en abono orgánico incluso en espacios reducidos como terrazas, patios y balcones, promoviendo prácticas sostenibles y ambientalmente responsables. Estos planteamientos respaldan el enfoque del presente estudio, al demostrar que los módulos verticales no solo son productivos, sino también viables como estrategia para la gestión de residuos y la promoción del desarrollo sostenible.

3.3 Resultado de la valorización de los residuos orgánico

En la Tabla 4 se presentan los precios del humus en el mercado, obtenidos a partir de consultas realizadas a diferentes proveedores. Esta información permitió establecer un precio referencial del producto en presentaciones de 25 kg, con un valor de USD 18,66, lo que equivale a USD 0,75 por kilogramo. Considerando que la producción promedio por módulo de lombricultura fue de 14,49 kg, se estima un ingreso de USD 10,87 por módulo. Esta estimación demuestra la viabilidad económica de la actividad bajo las condiciones estudiadas.

En comparación, Moreno (2018), al analizar la viabilidad económica de la vermicultura, determinó un precio referencial de USD 0,22/kg tras realizar un estudio de mercado con compradores locales. Por su parte, Riveros & Morena (2024), en una propuesta técnica y económica de aprovechamiento de residuos mediante vermicultura en conjuntos residenciales, establecieron un precio de USD 0,38/kg, basado en proformas locales. Es importante señalar que ambos estudios se desarrollaron en contextos geográficos distintos, lo que pone en evidencia el mayor costo de insumos agropecuarios en Ecuador. Este factor influye directamente en los costos de producción de las explotaciones agrícolas, reafirmando la relevancia del presente estudio para promover prácticas sostenibles entre pequeños productores.

Tabla 4. Determinación del precio de humus en el mercado ecuatoriano a través de un estudio de mercado.

Descripción (ítems)	Cantidad (Kg)	Especificaciones	Proveedores			Precio referencial (USD)
			Kiwy	La Jardinería	Agrícola Martínez	
			Costo (USD)			
Abono orgánico	25	Humus de lombriz	16	20	20	18,66
Subtotal 0 %			16	20	20	18,66
Subtotal 15 %			0	0	0	0
IVA 0 %			0	0	0	0
IVA 15 %			0	0	0	0
Total			16	20	20	1,66
Precio referencial (USD)						18,66

Cajiao (2019) destaca la importancia de realizar un análisis detallado de los costos de producción al establecer un proyecto de vermicultura, ya que muchos pequeños productores fijan precios en función de la competencia y no de sus propios costos, lo que puede conllevar a pérdidas económicas. En esta misma línea, Sangurima (2018) señala que la producción de humus de lombriz roja ha crecido significativamente en los últimos años, impulsada por pequeños agricultores que han incursionado en la actividad de forma empírica. Sin embargo, la producción a gran escala por parte de grandes productores ha elevado los costos, especialmente en lo relacionado con la adquisición de lombrices.

Finalmente, desde una perspectiva productiva, Durán & Enríquez (2009) demostraron que la utilización de estiércoles como alimento para *Eisenia foetida* maximiza su potencial reproductivo, alcanzando una cápsula cada 7 a 10 días con entre 2 y 20 individuos. Esto convierte a la vermicultura, especialmente en sistemas verticales, en una actividad altamente rentable gracias a la prolificidad de la especie y a la diversidad de aplicaciones del humus.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Los módulos de vermicultura vertical implementados lograron una reducción significativa de los residuos orgánicos no tratados generados por las 27 familias residentes en la comunidad Las Mieles. Durante el ciclo de estudio, que tuvo una duración de 90 días, se logró aprovechar un total de 338,23 kilogramos de desechos orgánicos, los cuales fueron transformados en humus mediante el proceso de vermicompostaje. Esta cantidad, proyectada a un periodo anual, representaría aproximadamente 1,35 toneladas de residuos orgánicos gestionados de forma sostenible, evitando así que estos se conviertan en agentes contaminantes para el medio ambiente. Este resultado demuestra el potencial de los sistemas de vermicultura como una solución viable para la gestión de residuos a pequeña escala, especialmente en comunidades rurales o semiurbanas. Además de mitigar la carga contaminante, la implementación de estos módulos contribuye a la generación de abono orgánico de alta calidad, lo que puede ser aprovechado en actividades agrícolas o de jardinería dentro de la misma comunidad, cerrando así un ciclo ecológico y productivo.
- Se determinó un precio de USD 0,75 por kilogramo de humus de lombriz, lo que permite concluir que la implementación de los módulos de vermicultura representa una oportunidad para generar ingresos económicos. En función de la cantidad de humus producido durante el período de estudio, se estima que cada familia podría obtener un ingreso aproximado de USD 10,87 si el producto es comercializado, adicionalmente, el uso del humus en los cultivos locales contribuye a mejorar las condiciones del suelo, favoreciendo su estructura, fertilidad y capacidad de retención de humedad. Estos beneficios agronómicos se traducen en un aumento de la productividad agrícola, lo que no solo refuerza la seguridad alimentaria de las familias involucradas, sino que también incrementa sus ingresos potenciales. En conjunto, estos factores aportan a una mejora progresiva en la calidad de vida de los habitantes de la comunidad, evidenciando que la vermicultura no solo ofrece una solución ambiental sostenible, sino también una alternativa económica viable para el desarrollo rural.
- El rendimiento promedio obtenido durante el período de estudio fue de 14,49 kilogramos de humus y 577,78 mililitros de lixiviado por módulo. Se alcanzó un porcentaje máximo de transformación de residuos orgánicos en humus del 49 %,

resultado directamente relacionado con la calidad y tipo de materia orgánica utilizada para la alimentación de las lombrices, se proyecta un incremento en la producción a lo largo del tiempo, considerando que las lombrices empleadas en el proceso son altamente prolíficas y que cada módulo tiene una capacidad de procesamiento de hasta 30 kilogramos por gaveta. Esto indica que, bajo condiciones adecuadas de humedad, temperatura y alimentación, los sistemas de lombricultura tienen el potencial de expandirse de forma progresiva y sostenible, en este contexto, los módulos de vermicultura no solo representan una alternativa eficiente para la gestión de residuos orgánicos, sino que también constituyen una estrategia escalable que puede adaptarse a mayores volúmenes de producción. Su crecimiento exponencial está condicionado al mantenimiento adecuado del sistema y a una gestión responsable por parte de los usuarios, lo cual permitirá maximizar tanto los beneficios ambientales como los económicos a mediano y largo plazo.

Recomendaciones

- Se propone realizar una evaluación de los módulos de vermicultura vertical a lo largo de un período equivalente a dos o tres ciclos productivos, con el objetivo de determinar el incremento progresivo en la densidad poblacional de lombrices. Esta evaluación permitirá, además, establecer el momento óptimo para la incorporación de nuevas gavetas al sistema, en función de la capacidad de carga biológica y del volumen de residuos procesados.
- Se recomienda la implementación del proyecto tanto en zonas rurales como urbanas, debido a que representa una alternativa de bajo costo de inversión y requiere un espacio reducido para su instalación, además, su operación es sencilla y no demanda conocimientos técnicos avanzados, lo que facilita su adopción por parte de diversos sectores de la población y el impacto ambiental y económico derivado de su aplicación es considerable, ya que contribuye significativamente a la reducción de residuos orgánicos, la producción de abono natural de alta calidad y el fortalecimiento de prácticas sostenibles. En este sentido, el proyecto se presenta como una estrategia viable y accesible para promover el desarrollo sostenible a nivel comunitario.
- La vinculación del proyecto con instituciones locales, como los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), ministerios y organizaciones no gubernamentales (ONG), puede potenciar significativamente los beneficios para los productores. Esta

articulación institucional permite fomentar procesos de asociatividad, fortalecer las capacidades organizativas de las comunidades y brindar apoyo en aspectos clave como el acceso a mercados, la comercialización de productos y la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, M. (2020). Aprovechamiento de los desechos orgánicos en la elaboración de compost mediante la implementación de un sistema mecánico amigable con el ambiente. *Universidad Agraria del Ecuador*, 20-22.
- Benítez, X. (2022). Dinámica de Reproducción de *Eisenia foetida* L. alimentadas con compost de estiércol equino y de estiércol bovino. *Universidad Autónoma del Estado de México*, 3.
- Briones, K. (2023). “Importancia de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* y su comercialización”. *Universidad Técnica de Babahoyo*, 3-4.
- Cajas, S. (2019). Efecto de la utilización de aserrín en combinación con estiércol bovino en la producción de humus de lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 28-32.
- Cajiao, C. (2019). Costos de producción de abono humus y su impacto en la rentabilidad. *Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil*, 54 -60.
- Carlesso, W., Riveiro, R., & Hoehne, L. (2012). Tratamiento de residuos a partir de compostaje y vermicompostaje. *Revista Destaques Acadêmicos*, [S. l.], v. 3, n. 4, 2012., 106-110.
- Carrillo, E., Basantes, C., Mera, L., & Quiroz, E. (2023). Potencialidades de la Lombricultura, en la Educación Ambiental, para Optimizar el Aprendizaje de la Química Verde. *UNACH*.
- Ccasani, N., & Poma, A. (2012). Evaluación de la densidad poblacional, peso y logitud de la lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) alimentadas con estiércol y compost bovino y ovino. *Universidad Nacional de Huancavelica*, 30-34.
- Clavijo, M., Cajas, I., Toral, M., & Moreno, G. (2024). Sistema de gestión de residuos orgánicos en los mercados del cantón Saquisilí, Ecuador: Un enfoque hacia la sostenibilidad ambiental. *Journal of law and sustainable development*, 1 - 19.
- Del Castillo, R., & Díaz, U. (2021). Elaboración de humus de lombriz (*Eisenia Foetida*) a partir de compostaje de residuos sólidos orgánicos municipales en el distrito de San Roque de Cumbaza Región San Martín. *Universidad Cesar Vallejo*, 7-12.

- Durán, L., & Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, vol. 33, núm. 2, 2009, 275-281.
- Erasmó, M. (2023). Tecnología de vermicompostaje: una perspectiva sobre las tecnologías de producción de vermicompost, limitaciones y perspectiva. *ELSEVIER*, 5.
- Feria, H., Matilla, M., & Mantecón, S. (2020). La entrevista y la encuesta: ¿Métodos o técnicas de indagación empírica? *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 63-67.
- Fernández, M. (2011). Aplicación de la tecnología de vermicompostaje para la valorización agronómica de residuos y destrios de cultivos de invernadero. *Universidad de Granada*, 34-36.
- GAPR El Dorado. (2023). Obtenido de Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial de la Parroquia Rural El Dorado: <https://eldorado.gob.ec/index.php/gad-parroquial/planes-y-programas/plan-de-desarrollo/791-actualizacion-del-plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-de-la-parroquia-rural-el-dorado-2023-2027/file>
- Guevara, L. F. (2024). *Análisis de crianza y reproducción de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida)*. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo.
- Gutierrez, F. (2018). Producción de humus de lombriz *Eisenia foetida* a partir de residuos sólidos orgánicos domiciliarias y excretas de animales, a nivel de laboratorio San Juan de Lurigancho - 2017. *Universidad ALAS Peruana*.
- Hernández, M. (2020). Instalación de lombricario para la obtención de humus y lixiviado para la aplicación en cultivo de rosas. *Universidad Autónoma del Estado México*, 8-10.
- INIFAP. (2022). *Manual practico para la elaboración de bioinsumos*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737316/15_Lixiviado_de_lombriz.pdf
- Jaramillo, J., & Muñoz, M. (2018). Diseño, construcción y automatización de una extractora de lixiviados a partir de humus de lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 14-20.
- Katz, M., Seid, G., & Abiuso, F. (2019). La técnica de encuesta: características y aplicaciones. *Universidad de Buenos Aires*, 2-8.

- Madalena, F. (2023). Lombrices rojas y larvas de Mosca Soldado Negro: ¿El Dream Team de la economía circular? *Asociación Latinoamericana de Producción Animal - Alpa en el Campo*, 9-12.
- Martínez, M., & Ruiz, J. (2018). Efecto de la aplicación de lixiviados de lombriz y ácidos húmicos en la producción de pimiento morrón (*Capsicum annum* var. *Annum*). *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 20-21.
- Melendez, L. (2022). "Evaluación de excretas en el Vermicompostaje por (*Eisenia Foetida*)". Yucatan: Tecnológico Nacional de México.
- Mendoza, E., & Plaza, A. (2019). Evaluación química del humus de lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*), a partir de cascara de cacao y estiércol de bovino. *Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí*, 11-14.
- Moreno, I. (2018). Estudio de viabilidad técnico - económica de valorización de estiércol mediante vermicompostaje en una explotación cunícula. *Escuela Politécnica Superior de Orihuela*, 71-74.
- Ramírez, R. (2021). Proyecto microempresario de producción de humus de lombriz en la parroquia Ancón. *Universidad Estatal Península de Santa Elena*, 1-5.
- Reyes, S., & Cano, D. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 53 - 64.
- Riveros, D., & Morena, K. (2024). Propuesta técnica y económica de vermicultura para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en conjuntos residenciales para la generación de abono: Caso de estudio conjunto Terrazas de Castilla III. *Universidad ECCI*, 35-36.
- Robelleo, G., Pineres, F., Ortiz, C., Acuña, L., & Manotas, I. (2021). Evaluación de la viabilidad socio-económica para la producción y comercialización de lombricompost en el municipio de Campo de la Cruz. *Universidad Simón Bolívar, Barranquilla-Colombia*.
- Sangurima, E. (2018). La producción de humus de lombriz y su incidencia en las ventas de la empresa F&O Humus, de la parroquia Picaihua, cantón Ambato. *Universidad Técnica de Ambato*.

- Sinchiguano, L. (2019). Fuentes de alimentación de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) en la producción de humus, Mochache. *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*, 9-10.
- Sogorb, A. (2022). Aprendizaje basado en proyectos y lombriculturapara aumentar el interés por el estudio del bloque de contenidos "Los cambios" de la asignatura de física y química. *Universidad Católica de Murcia*, 16-18.
- Villón, A. (2023). Estudio de los factores que afectan la disponibilidad y aprovechamiento de los alimentos en la comuna Bambil Desecho, Santa Elena. *Universidad Estatal Península de Santa Elena*, 21.
- Zambrano, A. (2022). Importancia de la elaboración de humus de la lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) en el cultivo de tomate (*solanumlycopersicum*). *Universidad Técnica de Babahoyo*, 15-18.

Anexos

Anexo 1 Certificado Antiplagio Compilatio

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

En calidad de tutora del trabajo de titulación denominado “**IMPLEMENTACIÓN DE VERMICULTURA VERTICAL PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE RESIDUOS Y EL MEJORAMIENTO DE LOS MEDIOS DE VIDA EN LA COMUNIDAD LAS MIELES, ORELLANA**”, bajo la modalidad de titulación **INFORME DE INVESTIGACION**, elaborado por el Ing. **BRYAN PAÚL JÁTIVA SÁNCHEZ**, de la **MAESTRÍA EN AGROPECUARIA MENCIÓN EN GESTIÓN DEL DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE, DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio **COMPILATIO**, luego de haber cumplido los requisitos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con **6%** de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.



Atentamente,



Ing. Mercedes Santistevan Mendez, PhD.

C.I. 0917870024
DOCENTE

Anexo 2 Encuesta realizada a los beneficiarios previa implementación del proyecto.

Encuesta para el levantamiento de información preliminar para el proyecto de investigación de la implementación de vermicultura para el manejo sostenible de desechos y el mejoramiento de medios de vida en la comunidad Las Mielles

Formulario:	
Nombre	
¿Cuál es su principal actividad económica?	
¿En dónde compra los víveres para su familia?	
¿Cuántos miembros conforman su familia?	(menos de 3) (3 a 5) (más de 5)
¿Qué cantidad de desechos doméstico produce su familia a la semana?	(5 a 10 kg) (10 a 15 kg) (15 a 20 kg)
¿Qué hace con los desechos generados?	
¿Cree que los desechos domésticos pueden contaminar el ambiente?	(Si) (No)
¿Cree que los desechos domésticos le pueden generar algún beneficio?	(Si) (No)

Anexo 3 Proformas solicitadas a proveedores de humus.



AGRÍCOLA MARTÍNEZ

RUC/Ci: 1727623850001

Dirección: Calle José Joaquín de Olmedo, Barrio Peluche Bajo, Parroquia de Amaguaña, Quito, Ecuador.

E – Mail: angie27mika@outlook.com

Teléfono: 0987435777

AGRÍCOLA MARTÍNEZ ofrece fundas para vivero de todos los tamaños y en diferentes calibres, elaboradas a partir de materia prima de calidad para brindarle un producto resistente y duradero.

PROFORMA

Fecha: Quito, 26 de febrero del 2025.

Cliente: Bryan Játilva Sánchez.

Cédula: 1723581722.

Dirección: Quito.

DESCRIPCIÓN	VALOR POR UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL
Saco de 25 kg de humus.	\$20		

Forma de pago: Abono del 50% del total para iniciar con el ensacado del pedido y el 50% restante al momento de la entrega.

Tiempo de entrega: 5 días laborables a partir de la orden de pedido.

Forma de entrega: A través de la agencia de envíos o cooperativa de transporte más conveniente.

NOTA: Transferencias o depósitos a la siguiente cuenta: **Angie Micaela Martínez Guerrero**

Angie Micaela Martínez Guerrero

Cuenta de ahorros

Nro. 20003987041

Ci: 1727623850



Cuenta de ahorros

Nro. 2204152837

Ci: 1727623850



NATUARTE

Humus NatuarTE 25Kg | NATUARTE

SKU: 569445

\$16,00

Hasta 1x \$16,00 sin interés

- 1 +

AGREGAR AL CARRITO

CONSULTA DISPONIBILIDAD EN LOCALES

Comparte



Anexo 4 Fotografías del desarrollo del proyecto en campo.



Fotografía 1. Módulo de vermicultura vertical.



Fotografía 2. Estructura con malla y guadua para la protección de depredadores.



Fotografía 3. Selección del alimento para la incorporación a los módulos.



Fotografía 4. Pesaje del alimento.



Fotografía 5. Visita de seguimiento y toma de datos.



Fotografía 6. Revisión del estado sanitario y reproductivo de las lombrices.



Fotografía 7. Lixiviados producidos.



Fotografía 8. Humus y lixiviados producidos.



Fotografía 9. Pesaje del humus producido a finalizar el ciclo.



Fotografía 10. Medición de los lixiviados producidos al finalizar el ciclo.



Fotografía 11. Intercambio de experiencias.