

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y
FORESTALES
“Dr. MARTÍN CÁRDENAS”
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES



LA PRÁCTICA NOS ENSEÑA

RESPUESTA A TRES TIPOS DE SUSTRATOS EN LA
REPRODUCCIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA Y LA
OBTENCIÓN DE VERMICOMPOST

Tesis de grado para obtener
el título de Ingeniero Forestal

ESTUDIANTE: Israel Huanca
TUTOR: M. Sc. Fimo Alemán Daza

Cochabamba – Bolivia

2025

RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto de tres sustratos orgánicos (S1, S2 y S3) en la multiplicación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y en la producción de vermicompost, así como su impacto en la germinación de tres especies vegetales: *Pinus radiata* (pino), *Tara spinosa* (tara) y *Zea mays* (maíz). El estudio se desarrolló en la Escuela de Ciencias Forestales (ESFOR) de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS), Cochabamba-Bolivia, utilizando un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) en dos fases: una orientada al comportamiento reproductivo de las lombrices y otra centrada en el uso del humus producido como sustrato para la germinación. Los resultados indicaron que no existieron diferencias significativas en la supervivencia de lombrices adultas, sin embargo, el sustrato S1 promovió una mayor biomasa de adultos y mayor producción de cocones, mientras que S2 favoreció significativamente la reproducción juvenil. En cuanto a la calidad del vermicompost, el tratamiento S1 generó el mayor volumen (63.54 kg /100 L sustrato) y mostró una mayor disponibilidad de nitrógeno, mientras que S2 y S3 produjeron vermicompost con mejor textura y coloración, reflejo de un mayor grado de descomposición. La relación carbono/nitrógeno (C/N) fue más elevada en S2 (17.3), lo que sugiere una liberación más lenta de nutrientes. En la fase de germinación, el vermicompost H2 (derivado de S2) presentó los mejores resultados, destacando en pino (87.6%) y maíz (82.3%), mientras que la tara fue más sensible (59.7%). En términos de sanidad vegetal no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, aunque el maíz evidenció una mayor resistencia general. Las condiciones ambientales también influyeron, registrándose mayores temperaturas en el sustrato S3 durante los meses de mayo y diciembre, lo cual podría haber afectado su rendimiento. En conclusión, el sustrato S1 resultó óptimo para maximizar la producción de vermicompost, mientras que S2 fue más eficiente en términos de calidad y en la germinación. La selección del sustrato debe ajustarse a los objetivos del sistema productivo, considerando tanto el destino del vermicompost como las necesidades específicas de las especies vegetales involucradas. Se recomienda monitorear las condiciones ambientales y profundizar en estudios sobre la relación C/N y la capacidad de retención de humedad para optimizar los resultados de la lombricultura en invernadero y sistemas agroforestales.

Palabras clave: *Eisenia foetida*, sustratos orgánicos, vermicompost, relación C/N, germinación, reproducción, condiciones ambientales.

ABSTRACT

This research evaluated the effect of three organic substrates (S1, S2 and S3) on the reproduction of the California red worm (*Eisenia foetida*) and the production of vermicompost, as well as its impact on the germination of three plant species: *Pinus radiata* (pine), *Tara spinosa* (tara), and *Zea mays* (corn). The study was conducted at the School of Forest Sciences (ESFOR) of the Universidad Mayor de San Simón (UMSS), Cochabamba-Bolivia, using a Randomized Complete Block Design (RCBD) in two phases: one focused on the reproductive behavior of the worms and the other on the use of the produced vermicompost as a substrate for germination. The results indicated that there were no significant differences in the survival of adult worms; however, substrate S1 promoted higher adult biomass and greater cocoon production, while S2 significantly favored juvenile reproduction. Regarding vermicompost quality, treatment S1 produced the highest volume (63.54 kg/100 L substratum) and showed greater nitrogen availability, whereas S2 and S3 generated humus with better texture and coloration, reflecting a higher degree of decomposition. The carbon/nitrogen (C/N) ratio was higher in S2 (17.3), suggesting a slower nutrient release. In the germination phase, vermicompost H2 (derived from S2) showed the best results, particularly for pine (87.6%) and corn (82.3%), while tara was more sensitive (59.7%). In terms of plant health, no significant differences were observed among treatments, although corn exhibited greater overall resistance. Environmental conditions also had an influence, with higher temperatures recorded in substrate S3 during May and December, which may have affected its performance. In conclusion, substrate S1 proved optimal for maximizing vermicompost production, while S2 was more efficient in terms of vermicompost quality and germination promotion. The selection of the substrate should be aligned with the objectives of the production system, considering both the intended use of the humus and the specific requirements of the plant species involved. It is recommended to monitor environmental conditions and conduct further studies on the C/N ratio and moisture retention capacity to optimize vermiculture results in greenhouse and agroforestry systems.

Key words: *Eisenia foetida*, organic substrates, vermicompost, C/N ratio, germination, reproduction, environmental conditions.

INTRODUCCIÓN

Ante la creciente preocupación por la sostenibilidad ambiental y la gestión eficiente de los residuos orgánicos, la lombricultura se presenta como una técnica innovadora y eficiente para la producción de humus de calidad, optimizando el manejo de desechos. Dentro de esta práctica, la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) se destaca como una especie fundamental debido a su capacidad de transformar residuos orgánicos en un abono de alto valor, conocido como humus o vermicompost. Este producto no solo mejora significativamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, sino que también estimula el desarrollo radicular de las plantas, contribuyendo a cultivos más vigorosos y productivos (Schuldt, 2006).

La revisión bibliográfica proporciona una base teórica para este estudio, destacando la importancia de la lombricultura en la transformación de residuos orgánicos y la producción de vermicompost. Además, se describen los factores biológicos y ecológicos relacionados con las lombrices, así como las técnicas para la producción del vermicompost.

El presente estudio tiene como propósito determinar el sustrato más adecuado para la producción de vermicompost y evaluar su efecto en la germinación de tres especies. Para lograr estos objetivos, se llevará a cabo una serie de experimentos en las instalaciones de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS), dentro de la Escuela de Ciencias Forestal (ESFOR).

Antecedentes

La lombricultura ha ganado importancia en las últimas décadas como una estrategia ecológica y económicamente viable para el tratamiento de residuos orgánicos, promoviendo la restauración de suelos y la mejora de la fertilidad agrícola.

En este contexto, la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) se ha consolidado como una especie de referencia debido a su alta eficiencia en la descomposición de materia orgánica y su capacidad de generar vermicompost de excelente calidad agronómica. Este abono orgánico, también conocido como humus de lombriz, contiene nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, y ha demostrado mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Domínguez y Edwards, 2011).

Mendoza et al. (2024) en un estudio realizado en Ecuador, demostraron que la aplicación de humus de lombriz incrementa significativamente el contenido de materia orgánica del suelo, la disponibilidad de nutrientes, el pH, y la actividad microbiana, además de mejorar la textura y retención de humedad del suelo. Estas mejoras impactan directamente en la productividad agrícola y la sostenibilidad de los sistemas de cultivo. Así mismo, Muller et al. (2014) señalaron que la incorporación de vermicompost en vivero, en proporciones de entre 20% y 40%, promueve un desarrollo más vigoroso de las plántulas, al mejorar la biomasa aérea y radicular. Estas observaciones refuerzan la importancia del vermicompost como enmienda para cultivos agrícolas.

No obstante, a pesar de la abundante literatura sobre los beneficios del vermicompost, existen pocas investigaciones que aborden de manera integral la relación entre el tipo de sustrato orgánico utilizado para la cría de lombrices, la eficiencia reproductiva de *Eisenia foetida*, la calidad físico-química del humus producido y su efecto sobre la germinación de especies vegetales de importancia económica, como el pino (*Pinus radiata*), la tara (*Caesalpinia spinosa*) y el maíz (*Zea mays*), bajo condiciones controladas de invernadero.

Por ello, se busca promover la agricultura sustentable, evaluando experimentalmente la influencia de tres sustratos orgánicos en la reproducción de lombrices, la producción de humus y su efecto en la germinación de plántulas forestales y agrícolas. Pretendiendo generar información relevante que contribuya a optimizar prácticas de lombricultura y a fortalecer la producción sustentable de abonos orgánicos aplicables a invernaderos y sistemas agroforestales en Bolivia y la región andina.

Problema de investigación

En Bolivia, la degradación progresiva de los suelos forestales y agrícolas representa uno de los principales desafíos para la sostenibilidad ambiental y la productividad del sector agropecuario. Procesos como la erosión, la pérdida de nutrientes y la deforestación han reducido significativamente la capacidad del suelo para sostener cultivos y regenerar ecosistemas, limitando los esfuerzos de reforestación y las estrategias de conservación (Muller et al., 2014). Frente a esta problemática, la lombricultura se presenta como una alternativa ecológica viable, capaz de transformar residuos orgánicos en vermicompost, un abono que mejora la estructura, fertilidad y actividad biológica del suelo. Sin embargo, su adopción en Bolivia sigue siendo limitada, principalmente debido

a la falta de conocimientos técnicos sobre el manejo de la lombriz y los procesos adecuados de producción de vermicompost, lo que repercute en la calidad del producto final y reduce su eficacia en la restauración de suelos degradados.

Por otro lado, la creciente necesidad de reducir costos de producción en viveros y sistemas agrícolas ha impulsado la búsqueda de materiales alternativos que puedan reemplazar a los sustratos tradicionales sin comprometer la calidad del producto. En este contexto, el uso de residuos agroindustriales como componentes de sustratos representa una opción innovadora y sostenible. No obstante, aún se requiere evidencia científica que evalúe el comportamiento de estos materiales frente a parámetros clave como la eficiencia en la producción de vermicompost, la reproducción de lombrices y su efecto en la germinación de especies de interés como tara (*Tara spinosa*), pino radiata (*Pinus radiata*) y maíz (*Zea mays*).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de tres tipos de sustratos orgánicos en la producción de vermicompost, la reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y la germinación de las especies **tara**, pino radiata y **maíz**.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los tres tipos de sustratos en la reproducción de la lombriz roja californiana
- Determinar la calidad y cantidad de vermicompost generado en cada sustrato bajo condiciones experimentales controladas.
- Determinar el efecto del vermicompost en la germinación de tara (*Tara spinosa*), pino radiata (*Pinus radiata*) y maíz (*Zea mays*).

Hipótesis

Hipótesis nula (H_0): El tipo de sustrato orgánico no influye significativamente en la producción de vermicompost, en la reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) ni en la germinación de las especies tara (*Tara spinosa*), pino radiata (*Pinus radiata*) y maíz (*Zea mays*).

Hipótesis alternativa (H_1): El tipo de sustrato orgánico influye significativamente en la producción de vermicompost, en la reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y en la germinación de las especies tara (*Tara spinosa*), pino radiata (*Pinus radiata*) y maíz (*Zea mays*).

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Problema de investigación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Hipótesis	4
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Lombricultura en Bolivia	5
2.2. Importancia del humus de lombriz	5
2.3. Biología de la <i>Eisenia foetida</i>	6
2.3.1. Anatomía	6
2.3.2. Fisiología	7
2.4. Ciclo reproductivo	9
2.5. Producción de humus	9
2.6. Preparación de sustrato.....	11
2.7. Tipos de cama.....	12
2.8. Composición química del humus	12
2.9. Efecto del vermicompost en el Maíz	13
2.10. Efecto del vermicompost en pino y la tara	13
3. METODOLOGÍA	14
3.1. Ubicación de la zona de estudio	14
3.2. Enfoque de investigación	15
3.3. Diseño experimental.....	15
3.3.1. Tratamientos.....	15
3.3.2. Croquis del experimento	16

3.3.3.	Variables de respuesta	17
3.3.4.	Modelos estadísticos	17
3.4.	Estrategia metodológica.....	18
3.4.1.	Identificación del área de estudio y preparación de camas experimentales.....	18
3.4.2.	Recolección de restos agrícolas y establecimiento de trampas en camas de cría.....	18
3.4.3.	Cosecha de lombrices, siembra en camas experimentales y preparación de sustratos.....	19
3.4.4.	Monitoreo y recolección de datos en camas experimentales	20
3.4.5.	Cosecha del vermicompost.....	21
3.4.6.	Evaluación de insectos en el sustrato.....	21
3.4.7.	Análisis de laboratorio, evaluación de propiedades físicas y químicas	22
3.4.8.	Protocolo de evaluación de lombrices.....	22
3.4.9.	Preparación de bandejas con vermicompost y siembra de especies vegetales	23
3.4.10.	Monitoreo y registro de parámetros en bandejas experimentales	23
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1.	Reproducción y supervivencia de la lombriz roja californiana en distintos sustratos	24
4.1.1.	Supervivencia.....	24
4.1.2.	Reproducción.....	27
4.1.3.	Variables de sustrato	30
4.2.	Calidad y cantidad del humus generado en cada sustrato.....	32
4.2.1.	Análisis químico	32
4.2.2.	Análisis físico.....	34
4.2.3.	Peso total promedio de vermicompost por tratamiento	36
4.3.	Efecto del humus en la germinación de las especies evaluadas.....	38
4.3.1.	Porcentaje de germinación.....	38
5.	CONCLUSIONES.....	41
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
7.	ANEXOS.....	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del humus a partir de estiércol de vacuno y restos orgánicos	12
Tabla 2. Dosificación de sustratos por tratamiento	20
Tabla 3. Análisis de varianzas (ANOVA), para la supervivencia de lombrices.	24
Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA), para la reproducción de lombrices.	27
Tabla 5. Análisis químico de sustratos S1, S2 y S3 (laboratorio de suelos y aguas)	32
Tabla 6. Clasificación de los sustratos según granulación, color y presencia de insectos.	34
Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA), para el peso (kg)de vermicompost.	36
Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA), para la germinación (tara, pino y maíz).	38
Tabla 9. Prueba de Tukey para la germinación	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.	14
Figura 2. Disposición de camas en campo.	16
Figura 3. Disposición de bandejas en invernadero.....	16
Figura 4. Número de lombrices en etapa de desarrollo por litro (n.º/L) de sustrato.....	25
Figura 5. Número de lombrices por litro (n.º/L) de sustrato en cada tratamiento.....	26
Figura 6. Número de cocones por litro (n.º/L) de sustrato durante la etapa reproductiva	28
Figura 7. Peso de lombriz por litro (n.º/L) de sustrato durante la etapa reproductiva	29
Figura 8. Temperatura por sustratos.....	30
Figura 9. Peso de vermicompost (kg/100 L).....	36