

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN AGRICULTURA ECOLÓGICA**

**CARACTERIZACIÓN Y EFECTO DE DOS ABONOS ORGÁNICOS FABRICADOS A BASE DE
ESTIÉRCOL DE CONEJO (*Oryctolagus cuniculus*) SOBRE PLÁNTULAS DE TOMATE (*Solanum
lycopersicum*)**

Stanley Chablé Torres

San Francisco de Campeche, México, 2026

**Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador del Posgrado en Agricultura
Ecológica de la Escuela de Ciencias Agrarias, para optar por el grado de *Magister Scientiae* en
Agricultura Ecológica.**

**CARACTERIZACIÓN Y EFECTO DE DOS ABONOS
ORGÁNICOS FABRICADOS A BASE DE ESTIÉRCOL DE
CONEJO (*Oryctolagus cuniculus*) SOBRE PLÁNTULAS DE
TOMATE (*Solanum lycopersicum*)**

Stanley Chablé Torres

Tesis presentada para optar al grado de *Magister Scientiae* en Agricultura Ecológica. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

[M.Sc. Randall Gutiérrez Vargas /Dra. Damaris Castro García /Dr. Jorge Herrera Murillo/ Dr. José Vega Baudrit /Dr. Greivin Rodríguez Calderón/ Dra. Rocío Castillo Cedeño]
Representante del Consejo Central de Posgrado

Dr. Gerardo Cerdas Vega
Coordinador Maestría en Agricultura Ecológica

Dr. Benito Bernardo Dzib Castillo
Tutor de tesis

Ph.D. Martha Orozco Aceves
Miembro del Comité Asesor

M.Sc. Miguel Castillo Umaña
Miembro del Comité Asesor

Stanley Chablé Torres
Sustentante

Descriptores

Abono, biol, compost, conejo, estiércol, lombricompost, tomate.

Resumen

La agricultura enfrenta el reto de incrementar la producción de alimentos en un 60 % hacia 2050, en un contexto de degradación de suelos, pérdida de biodiversidad y contaminación derivada del uso indiscriminado de agroquímicos. Una alternativa sostenible es el empleo de estiércoles animales transformados en abonos orgánicos, que aportan nutrientes y mejoran la salud del suelo. Entre ellos, el estiércol de conejo destaca por su alta concentración de N, P, K y Ca, su pH básico y su menor carga de patógenos en comparación con otros estiércoles, lo que lo convierte en un insumo valioso para la producción hortícola. El objetivo general de esta investigación fue valorar el efecto del estiércol de conejo transformado en biol y lombricompost

sobre la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) en vivero. Se elaboraron lombricomposts con estiércol de conejo, cabra y vaca, sometidos previamente a solarización para garantizar inocuidad. Paralelamente, se produjeron bioles mediante fermentación anaeróbica. Los abonos fueron caracterizados en sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, y se evaluó su efecto en parámetros morfológicos de plántulas de tomate: altura, diámetro de tallo, biomasa fresca y seca, y vigor general. Los resultados mostraron que el lombricompost de conejo presentó mayor estabilidad y liberación gradual de nutrientes, favoreciendo el crecimiento sostenido de las plántulas, mientras que el biol proporcionó rápida disponibilidad de nutrientes, estimulando la germinación y el desarrollo inicial. La combinación de ambos abonos generó plántulas más vigorosas, con mayor altura y biomasa, en comparación con tratamientos individuales y con otros estiércoles. Los análisis confirmaron la ausencia de *Salmonella* sp. y otros patógenos críticos, validando la seguridad de los productos para uso agrícola. Se concluye que el estiércol de conejo, transformado en abonos sólidos y líquidos, constituye una alternativa ecológica, segura y eficiente para la producción de plántulas de tomate en vivero. Su aplicación contribuye a reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos, mejorar la calidad del almácigo y fortalecer la agricultura sostenible. Además, representa una oportunidad para aprovechar subproductos de la cunicultura, integrando prácticas de economía circular y fomentando la resiliencia agroecológica.

Abstract

Agriculture faces the challenge of increasing food production by 60% by 2050, within a context of soil degradation, biodiversity loss, and contamination caused by the indiscriminate use of agrochemicals. A sustainable alternative is the use of animal manures transformed into organic fertilizers, which provide nutrients and improve soil health. Among them, rabbit manure stands out due to its high concentrations of N, P, K, and Ca, its basic pH, and its lower pathogen load compared to other manures, making it a valuable input for horticultural production. The general objective of this research was to evaluate the effect of rabbit manure transformed into biol and vermicompost on the production of tomato (*Solanum lycopersicum*) seedlings in nursery stage. Vermicomposts were prepared using rabbit, goat, and cow manure, previously sanitized through solarization to ensure safety. In parallel, biols were produced via anaerobic fermentation. Both fertilizers were characterized in terms of physicochemical and microbiological properties, and their effects were assessed on morphological parameters of tomato seedlings: height, stem diameter, fresh and dry biomass, and overall vigor. Results showed that rabbit vermicompost provided greater stability and gradual nutrient release, supporting sustained seedling growth, while biol offered rapid nutrient availability, stimulating germination and early development. The combination of both fertilizers produced more vigorous seedlings, with higher biomass and growth, compared to individual treatments and other manures. Analyses confirmed the absence of *Salmonella* sp. and other critical pathogens, validating the safety of these products for agricultural use. It is concluded that rabbit manure, transformed into solid and liquid fertilizers, represents a safe, ecological, and efficient alternative for tomato seedling production in nurseries. Its application reduces dependence on synthetic fertilizers, improves seedling quality, and strengthens sustainable agriculture. Furthermore, it provides an opportunity to valorize by-products of rabbit farming, integrating circular economy practices and promoting agroecological resilience.

Agradecimiento

Primeramente, a Dios padre por darme la sabiduría de culminar este reto académico. A la UNIVERSIDAD NACIONAL COSTA RICA por acobijarme durante estos años de estudio y crecimiento profesional, a la FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, fue una experiencia que me voy a llevar durante toda mi vida, al proyecto de AGROECOLOGÍA ZARCERO a todos sus integrantes del año 2023, a la FINCA SANTA LUCIA por prestarme las instalaciones para llevar a cabo el experimento, a los trabajadores que ahí laboran por las facilidades prestadas, a mis compañeros de la VIII promoción de la MAE en especial Oscar de honduras por el apoyo, a mi estimado amigo Johnson Mora, a Paola, keysi, Michael, Alexandra administrativos de la facultad de Ciencias Agrarias y la biblioteca. A los profesores que me impartieron cátedras durante el tiempo que duro la maestría, a mis tutores, el profesor Benito Bernardo Dzib Castillo mi tutor de tesis, por todo el apoyo durante este proceso, al profesor Miguel Ángel Castillo Umaña, por todo tu apoyo durante mi estancia en Costa Rica y por ultimo a la PHD. Martha Orozco Aceves... ¡Nunca se me va a olvidar... ¡No me digas Doctora Stanley, Soy Martha! ¡Al final logre llamarte así... a ti Martha Gracias por todo tu apoyo incondicional infinitas gracias! DIOS LOS BENDIGA SIEMPRE.

Dedicatoria

A mis padres Victoria y Rafael, mis hermanos en especial a mi hermano Oscar y su esposa Pamela, y por último a mi familia, mis hijas Verito Saraí, Airaly Victoria, en especial a mi hija mayor Litzzy Valentina. ¡Gracias, hija por todo tu apoyo durante mi ausencia las AMO!
Y por último a esa gran mujer que tengo a mi lado, Gracias Verónica por todo tu apoyo, gracias por creer en mis sueños, te mereces toda la felicidad del mundo.

Índice

Resumen	v
Capítulo I: Introducción	1
Objetivos.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos	4
Capítulo II: Marco teórico	5
Excretas animales en la fabricación de abonos orgánicos	5
Beneficios de la producción cunícola.....	5
Aspectos relevantes de la fisiología del conejo.....	6
El estiércol de conejo como materia prima para la elaboración de abono orgánico sólido	8
Eliminación de patógenos mediante procesos de compostaje	8
El estiércol usado como materia prima para la elaboración de bioles	8
Importancia de la producción de almácigo	9
Uso de abonos orgánicos para la producción de almácigo	9
Potencial de abonos orgánicos elaborados con estiércol de conejo para la producción de almácigo ..	10
Producción de tomate en Costa Rica	10
Uso de abonos orgánicos en la producción de almácigo de tomate	11
Capitulo III: Metodología	12
Recolecta y tratamiento de los estiércoles animales	12
Elaboración de lombricompost a base de estiércoles animales	12
Cosecha de abonos orgánicos sólidos y muestreo para análisis	13
Elaboración de bioles a base de estiércoles animales	14
Semilla	15
Porcentaje de germinación de semilla	16

Elaboración de sustrato.....	16
Establecimiento del semillero	16
Germinación de semillas de tomate	17
Ensayo 1. Evaluación del efecto de abonos orgánicos sólidos elaborados con estiércol de conejo y otros abonos de origen animal sobre parámetros morfológicos de plántulas de tomate	17
Muestreo	18
Ensayo 2. Determinación de la combinación de abono orgánico sólido y líquido elaborado con estiércol de conejo para promover el crecimiento y vigor de plántulas de tomate en vivero.....	18
Muestreo	19
Variables de respuesta	19
Porcentaje de emergencia de planta en bandeja:	19
Altura de planta:	19
Número de hojas.....	19
Análisis de datos	20
Capítulo IV: Resultados y discusión	21
Características de los abonos orgánicos.....	21
Abonos sólidos	21
Caracterización microbiológica	22
Bacterias.....	22
Hongos	22
UFC/g.....	22
Abonos líquidos.....	25
Caracterización microbiológica	26
Bacterias.....	26
UFC/g.....	26
Hongos	26

Evaluación del efecto de abonos orgánicos sólidos elaborados con estiércol de conejo, cabra y vaca sobre parámetros morfológicos de plántulas de tomate.	27
Altura de plántulas.....	29
Numero de hojas.....	31
Evaluación de combinaciones de abono orgánico sólido y líquido elaborado con estiércol de conejo en el crecimiento y vigor de plántulas de tomate en vivero	33
Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones.....	39
Conclusiones	39
Recomendaciones.....	40
Referencias.....	¡Error! Marcador no definido.

Lista de tablas

Tabla 1. Insumos y medidas utilizadas en la elaboración de los bioles.....	14
Tabla 2. Tratamientos establecidos para evaluación del sustrato elaborado con lombricompost de estiércol de conejo, cabra y vaca en el crecimiento de plántulas de tomate.....	17
Tabla 3. Tratamientos y proporciones de abonos sólidos (lombricompost) y líquidos (bioles) utilizados elaborados con estiércol de conejo.....	19
Tabla 4. Análisis químico de lombricompost elaborados a base de estiércoles de conejo, cabra y vaca. .	21
Tabla 5. Análisis microbiológico de lombricomposts elaborados con estiércoles de cabra, vaca y conejo.	22
Tabla 6. Análisis para detección de Salmonella sp. en lombricomposts elaborados con estiércoles de cabra, vaca y conejo.....	24
Tabla 7. Análisis químico de bioles elaborados con estiércoles de conejo, cabra y vaca.....	25
Tabla 8. Análisis microbiológico de bioles elaborados con estiércoles de conejo, cabra y vaca.....	26
Tabla 9. Germinación de plántulas de tomate (Lycopersicum esculentun) en diferentes sustratos elaborados con lombricomposts de conejo, cabra y vaca en condiciones de invernadero.	27
Tabla 10. Altura de plántulas de tomate (Lycopersicum esculentun) de 28 días de edad crecidas en diferentes sustratos elaborados con lombricomposts de conejo, cabra y vaca en condiciones de invernadero.....	29
Tabla 11. Número de hojas en plántulas de tomate (Lycopersicum esculentun) de 28 días de edad crecidas en diferentes sustratos elaborados con lombricomposts de conejo, cabra y vaca en condiciones de invernadero.....	31
Tabla 12. Resultados de germinación en los tratamientos evaluados	33
Tabla 13. Altura promedio de plántulas en los tratamientos evaluados.....	35
Tabla 14. Estadísticos descriptivos del número de hojas por tratamiento.....	37

Lista de figuras

Figura 1 Sistema digestivo del conejo.....	6
Figura 2 Cecotrofía.....	7
Figura 3 Heces de conejo	7
Figura 4 Prueba de puño.....	13
Figura 5 Cordones de estiércol de vaca para cosecha de lombrices y lombricompost .	13
Figura 6 Dispositivos utilizados para la fabricación de bioles.....	15
Figura 7 Semilla de tomate variedad Hayslip.....	15
Figura 8 Germinación de plántulas de tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i>) de 8 días de edad crecidas en diferentes sustratos elaborados con lombricompost de conejo, cobre y vaca en condiciones de invernadero.....	28
Figura 9 Altura de plántulas de tomate (<i>Lycopersicum esculentun</i>) de 28 días de edad crecidas en diferentes sustratos elaborados con lombricomposts de conejo, cabra y vaca en condiciones de invernadero.....	30
Figura 10 Número de hojas de plántulas de tomate (<i>Lycopersicum esculentun</i>) de 28 días de edad crecidas en diferentes sustratos elaborados con lombricomposts de conejo, cabra y vaca en condiciones de invernadero.....	32
Figura 11 Germinación de plántulas de tomate (<i>Lycopersicum esculentun</i>) de 8 días de edad crecidas con lombricomposts de conejo combinado con sustrato comercial en diferentes porcentajes.....	34
Figura 12 Altura de plántulas de tomate (<i>Lycopersicum esculentun</i>) de 28 días de edad crecidas en diferentes sustratos elaborados con lombricomposts de conejo, y sustrato comercial en diferentes porcentajes en condiciones de invernadero.....	36
Figura 13 Número de hojas de plántulas de tomate (<i>Lycopersicum esculentun</i>) de 28 días de edad crecidas con lombricomposts de conejo mezclado con sustrato comercial en diferentes porcentajes en condiciones de invernadero.....	37

Lista de anexos

Lista de abreviaturas

FAO = *Food and Agriculture Organization* (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).

MAG = Ministerio de Agricultura y Ganadería.

NMP = Número Más Probable (método microbiológico para cuantificar bacterias).

N = Nitrógeno.

P = Fósforo.

K = Potasio.

Ca = Calcio.

Mg = Magnesio.

S = Azufre.

pH = Potencial de Hidrógeno (indicador de acidez o alcalinidad).

C/N = Relación Carbono/Nitrógeno (indicador de balance de nutrientes en compost y bioles).

INTA = Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

INTAGRI = Instituto en Capacitación Agrícola.

CIA = Centro de Investigaciones Agronómicas.

UCR = Universidad de Costa Rica.

PVC = Policloruro de vinilo.

LCo = Lombricompost de conejo.

LCa = Lombricompost de cabra.

LVa = Lombricompost de vaca.

SC = Sustrato comercial.

B = Biol.

FQ = Fertilizante químico.

NPK = Fórmula de fertilización química con Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K).

CE = Conductividad eléctrica.

ANDEVA = Análisis de Varianza.

UFC/g = Unidades Formadoras de Colonias por gramo.

ha = Hectárea (unidad de superficie agrícola).

kg = Kilogramo (unidad de masa).

g = Gramo.

L = Litro.

mL = Mililitro.

g/L = Gramos por litro (unidad de concentración).

cc = Centímetro cúbico.

cm = Centímetro (unidad de longitud).

m² = Metro cuadrado (unidad de superficie).

Capítulo I: Introducción

La actividad agrícola enfrenta grandes desafíos; entre estos se prevé que la producción mundial de alimentos tendrá que aumentar en un 60 % para 2050, con el fin de hacer frente a las necesidades de una población mundial creciente y cambiante (Tilman, *et al.*, 2002). Sin embargo, muchos de los sistemas actuales de producción ya están bajo presión, debido a la degradación de los recursos suelo y agua, así como la pérdida de agrobiodiversidad y servicios ecosistémicos que resultan de prácticas no sostenibles (Food and Agriculture Organization [FAO], 2015). Una de las situaciones más críticas de la agricultura actual es el uso indiscriminado de sustancias químicas, lo cual provoca entre otras situaciones, contaminación de los ecosistemas, afectaciones agudas y crónicas a la salud humana; por ejemplo, el cáncer (Morales, 2013).

Por otro lado, el uso inadecuado de fertilizantes sintéticos contamina el suelo dañando las poblaciones de microorganismos asociados al sistema radicular de las plantas (Robayo, 2021), además de otros daños ambientales, como la eutrofización de cuerpos de agua debido al arrastre de nutrientes por escorrentía (Murray, *et al.*, 2015). Una alternativa promovida por la agricultura ecológica para reducir la liberación de agroquímicos, especialmente fertilizantes sintéticos, es el uso de los estiércoles de origen animal transformados en abonos orgánicos (Garro, 2016). Lo anterior es necesario para producir cultivos agroecológicos; bajo esquemas más limpios, sostenibles y resultado de procesos de reciclaje de materiales y energía en las fincas, en esquemas de economía circular (FAO, 2015).

Los estiércoles son el resultado de los desechos del proceso de digestión de los alimentos consumidos; generalmente entre el 60 y 80 % de lo que consume el animal lo elimina como estiércol (Quiñones & Orbes, 2021). Entre los estiércoles más comunes están la boñiga, gallinaza, cerdaza, ovejaza, cabraza y conejaza (Garro, 2016; Restrepo & Agredo, 2020). La calidad del estiércol depende de la especie animal, del tipo de cama y otros, y también se verá influenciada por el manejo que se le dé para aplicarlo con fines agrícolas (Soto, *et al.*, 2019). Para reutilizar los estiércoles animales en la producción agrícola, se propone fabricar abonos orgánicos sólidos (p.e. compost, lombricompost, bocashi) o líquidos; llamados bioles o biofermentos (Cruz, *et al.*, 2017).

En general, los abonos elaborados con estiércoles presentan una alta cantidad de minerales, microorganismos benéficos y materia orgánica. Las características de un estiércol que influyen de manera importante en la calidad del abono son: carbono soluble en agua, relación C/N, grado de humificación, concentración de lignina y la respiración microbiana. Sin embargo, si el estiércol no se trata adecuadamente, puede liberar patógenos, metales pesados y elementos eutróficos como N y P, poniendo en riesgo la salud humana y el medio ambiente (Soto, *et al.*, 2019). No obstante, diversos

estudios muestran que cuando el procesamiento de los estiércoles se hace de manera adecuada, la carga de patógenos se reduce y la nutrición vegetal mejora.

Para disminuir la presencia de patógenos en los abonos sólidos elaborados con estiércoles, se propone la realización de compostaje, que es la descomposición microbiana de una mezcla de materias orgánicas ricas en C con otras ricas en N (Aliaga, 2017). Por otro lado, para preparar los abonos líquidos se proponen procesamientos de fermentación como elaboración de los llamados bioles o biofermentos, que son el resultado del proceso de fermentación de materiales orgánicos por medio de una intensa actividad microbiológica (Chavez & Guzman, 2009)

Entre los diversos estiércoles utilizados en la elaboración de abonos orgánicos, se destaca el estiércol de conejo (derivado de la producción cunícola), el cual posee ventajas desde el punto de vista sanitario, presenta una menor cantidad de coliformes totales, fecales, *Salmonella* sp. y *Escherichia coli* (<10 NMP/mL). Lo anterior con respecto a estiércoles como el vacuno y de gallina (4 a 7 NMP/10 mL) (López & Carrión, 2021). Por otro lado, el estiércol producido por la actividad cunícola se ha proyectado como un recurso valioso para ser usado en la horticultura, incluso desde la fase de vivero, ya sea como sustrato o como fertilizante foliar, debido a su calidad, dada por su concentración de N, P, K, Ca (3 %, 2,9 %, 4,8 % y 2,7% respectivamente). Otra ventaja del estiércol de conejo, es la facilidad en su manejo, por ejemplo, su fácil recolección y transporte (Camps, 1977). Por otro lado, el consumo de carne de conejo ha sido promovido por su proteína de excelente calidad (mejor balance de aminoácidos), menor colesterol y menor generación de ácido úrico (Ferro, *et al.*, 2021).

El abono orgánico de conejo no requiere de largos tiempos de retención para lograr una sanitización, lo que le convierte en un potencial fertilizante de cultivos de consumo humano directo y una posibilidad adicional de ingresos para criadores (López-Coronado & Carrión-Carrera, 2021). Algunas investigaciones han evidenciado que el estiércol de conejo compostado constituye una fuente de materia orgánica y nutrientes minerales que puede reemplazar parcialmente al sustrato para la producción de plántulas en vivero (Li, *et al.*, 2022), fase crítica que influirá en la obtención de un cultivo sano y buenos rendimientos. Esto es especialmente importante en el cultivo de hortalizas que pueden ser de manejo delicado, como el tomate.

Para establecer una plantación de tomate, se ha generalizado la práctica de trasplantar plántulas, las cuales deben ser sanas y vigorosas, por lo que el uso de abonos orgánicos elaborados con estiércol de conejo (el cual posee propiedades nutricionales diferenciadas) en la elaboración de sustratos y en la fertilización de almácigo, puede tener un efecto positivo en la germinación de las semillas, y crecimiento de las plántulas, para incrementar las probabilidades de establecimiento y producción en campo.

El tomate es uno de los productos hortícolas de mayor importancia comercial en el mundo debido a su alta demanda y al gran consumo por parte de la población, tanto en fresco como para salsas (Fallas, 2021). En Costa Rica, el tomate es la hortaliza que ocupa el primer lugar en consumo a nivel nacional, con 18,6 kg per cápita (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2022).

Existen experiencias de producción de tomate utilizando abonos orgánicos a base de estiércoles; por ejemplo, el estudio que se realizó en Tabasco, México, por González, *et al.* (2018), quienes evaluaron 10 diferentes tipos de composts fabricados a base de cachaza de caña, estiércol de borrego, aserrín y tierra agrícola para la producción de plántulas de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.). Los resultados encontrados indicaron que una mezcla de cachaza de caña (60 %), estiércol de borrego (30 %) y aserrín (10 %) composteados por 90 días, fue un sustrato adecuado para la producción de plántulas. Este sustrato presentó una densidad aparente de 0,520 g/cm³, una capacidad de campo de 57 %, porosidad de 43 %, pH de 7,7, así como 1,03 ppm de N, 182 ppm de P, 0,4 Cmol/kg de K e importante contenido de Ca, Mg, Fe, Zn y Cu.

En otro estudio realizado por Rodríguez (2020), se evaluaron diversos fertilizantes orgánicos, como té de vermicompost, lixiviado de humus de lombriz y ácidos húmicos de leonardita, los cuales se compararon con el fertilizante químico 18-18-18 en el cultivo de tomate saladette bajo condiciones de invernadero. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) para las variables diámetro de tallo, altura de plántula, peso fresco y seco de tallos y hojas. Las comparaciones múltiples de medias mostraron que los tratamientos a base de vermicompost fueron superiores a los otros tratamientos.

Existe poca información sobre el uso de abonos orgánicos o bioles elaborados a base de estiércol de conejo en la producción de plántulas de tomate, como opción ecológica de manejo del cultivo. Existe evidencia que indica que el estiércol de conejo posee un pH básico de 7,2 a 9 (Camps, 1977), lo cual tiene efectos positivos en el suelo, favoreciendo la neutralización de la acidez, mejora la disponibilidad de nutrientes y el incremento de la actividad microbiana benéfica. En comparación con abonos orgánicos elaborados con otros tipos de estiércol, los cuales presentan pH de 6,0 a 7,0 Por esta razón, es necesario validar esta tecnología para producir plántulas de tomate saludables desde el vivero, lo que se traducirá en plantas vigorosas en campo. Con base en lo anterior, el objetivo general de esta investigación fue valorar el efecto del estiércol de conejo (*Oryctolagus cuniculus* L.) transformado en biol y en lombricompost, en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) en etapa de vivero.

Objetivos

Objetivo general

Valorar el efecto del estiércol de conejo (*Oryctolagus cuniculus* L.) transformado en biol y en lombricompost, en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) en etapa de vivero.

Objetivos específicos

- Conocer las características químicas y biológicas de abonos orgánicos (sólido y líquido) elaborados con estiércol de conejo (*Oryctolagus cuniculus* L.).
- Evaluar el efecto del abono orgánico sólido elaborado con estiércol de conejo en comparación con otros abonos de origen animal, sobre parámetros morfológicos de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) en producción de vivero.
- Determinar la combinación de abono orgánico sólido y líquido elaborado con estiércol de conejo que promueva mayor vigor en plántulas de tomate en producción de vivero.

Capítulo II: Marco teórico

Excretas animales en la fabricación de abonos orgánicos

La materia orgánica es toda sustancia de origen vegetal o animal que se encuentra en el suelo, cuando proviene de plantas está conformada por hojas, troncos y raíces, o bien, puede originarse de excretas de animales silvestres (Restrepo & Agredo, 2020). Las excretas animales producidas por actividades como la ganadería, la avicultura, la porcicultura, cunicultura, capricultura (boñiga, gallinaza, cerdaza, ovejaza, conejaza y cabraza) pueden ser aprovechadas para incrementar la fertilidad del suelo (Garro, 2016). Estos materiales aportan nutrientes que la planta puede absorber por medio de sus raíces, además el humus que es generado por la degradación de estos materiales mejora la estructura del suelo (Acevedo-Alcalá, *et al.*, 2020).

Las excretas animales son materiales muy utilizados para la elaboración de abonos orgánicos para ser utilizados en la agricultura, promoviendo el reciclaje de materiales. Existen diferentes formas de obtener abono orgánico; sin embargo, dos son las más usadas: los abonos sólidos que se producen de forma aeróbica por la acción microbiana, como por ejemplo el compost (Aguilar, *et al.*, 2016). El vermicompost que es un abono producido en condiciones aeróbicas mediante la acción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) (Garro, 2016), la cual ingiere la materia orgánica que es transformada y excretada. El abono resultante es rico en nutrientes y en microorganismos, condiciones que hacen asimilables para las plantas elementos minerales como P, Ca, K, Mg y los microelementos (Schuldt, *et al.*, 2021).

El segundo tipo de abono orgánico es en líquido y se produce por medio de la fermentación anaeróbica. Los productos resultantes se conocen como bioles o biofermentos (Aguilar, *et al.*, 2016). En ellos, se usan estiércoles animales (boñiga fresca, cerdaza, gallinaza) complementados con suero, melaza y microorganismos (Garro, 2016). En los últimos años los bioles han alcanzado gran popularidad entre los productores, quienes han innovado y experimentado a manera de utilizar una diversidad de materias primas como frutas y plantas como las leguminosas (Pazos-Rojas, *et al.*, 2016). Los bioles también pueden contener minerales como N, P, K, Ca, S y Mg, además de bacterias nitrificantes y microorganismos activos (Aliaga & Mamani, 2017).

Beneficios de la producción cunícola

La explotación de conejos se presenta actualmente como una alternativa para satisfacer la demanda de proteína, especialmente para el consumidor de bajos recursos, debido a su alto potencial

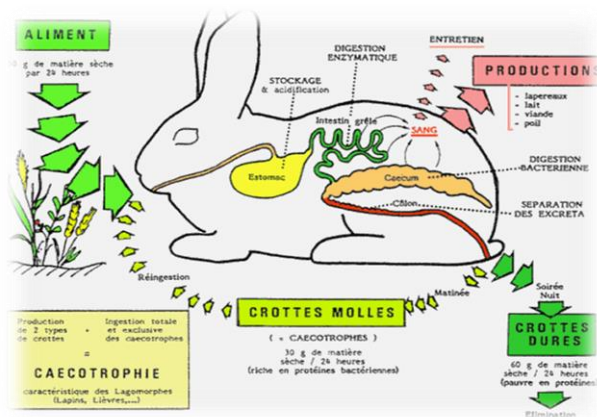
reproductivo, poco espacio requerido, a la riqueza nutritiva de su carne y al bajo costo de producción (Solano, 2008). Los conejos son una especie altamente productiva gracias a su corto periodo de gestación, que en promedio tarda 31 días, además de esto es un animal muy prolífero, en ocasiones con 10 crías por parto (Brenes, *et al.*, 2016). Diversos estudios revelan que la carne de conejo es baja en grasa y su consumo es recomendable para quienes prefieren alimentarse con carnes magras y altas en proteína; ya que están compuestas por un 10 % de grasa y un 21 % de proteína. La grasa del conejo está constituida por ácidos grasos no saturados, y es baja en colesterol. Se reducen, con ello, problemas circulatorios y cardíacos para brindar energía y calidad de vida (Cordero & Salas, 2012).

Aspectos relevantes de la fisiología del conejo

Los conejos son animales monogástricos, es decir de un solo estómago; sin embargo, su fisiología digestiva es más similar a la de los rumiantes o los caballos, ya que necesitan una flora intestinal equilibrada para digerir la fibra, absorber nutrientes y mantener la salud del individuo (Dualvet, 2017). Además, es un animal herbívoro que está clasificado como selector de concentrado y fermentador cecal, debido a que posee un ciego muy funcional (Figura 1). El ciego es la parte inicial del intestino grueso, muy desarrollado, y con una flora bacteriana compleja y abundante, responsable de la digestión de la celulosa (fibra) (Dualvet, 2017; Villa & Hurtado, 2016). La actividad microbiana del ciego que es un “saco”, es el lugar donde se produce la fermentación del alimento y se absorben los nutrientes que el intestino delgado no ha sido capaz de absorber, es de gran importancia en el proceso de digestión y la utilización de nutrientes, así como en el control de patologías digestivas.

Figura 1

Sistema digestivo del conejo



Nota: Tomado de storage/D9YDSPKZ/el-aparato-digestivo-del-conejo.html (2026).

El sistema digestivo del conejo se caracteriza por la presencia de altas poblaciones microbianas en el ciego, en conjunto con el comportamiento de cecotrofia, que es la producción de heces en racimo de textura blanda y recubiertas por moco (Figura 2) (Dualvet, 2017). Las heces son ingeridas por el conejo al ser defecadas, lo que le permite al conejo obtener energía adicional, junto a un mayor aporte de aminoácidos y vitaminas (Navarro-Coronel, *et al.*, 2021). Las cecotrofías se eliminan cada doce horas; sin embargo, esto puede variar según los hábitos alimenticios del conejo (Dualvet, 2017).

Figura 2

Cecotrofia.



Nota: Tomado de storage/D9YDSPKZ/el-aparato-digestivo-del-conejo.html (2026).

Las heces secas con gran contenido en fibra que no han podido digerirse (Figura 3), pueden ser ingeridas nuevamente por el conejo, su masticación reduce las partículas grandes difícilmente digeribles en otras más pequeñas y aptas para la fermentación.

Figura 3

Heces de conejo.



Nota: Tomado de storage/D9YDSPKZ/el-aparato-digestivo-del-conejo.html (2026).

Por otro lado, los mecanismos digestivos y cobertura cutánea, le permiten al conejo resistir condiciones ambientales adversas como la escases de alimentos o el frío (Villa & Hurtado 2016).

El estiércol de conejo como materia prima para la elaboración de abono orgánico sólido

En promedio, la cantidad de heces fecales que produce un conejo es de 60 g por día (Aliaga, 2017), la cual ha sido considerada una excelente materia para obtener abono orgánico sólido de alta calidad nutricional (Camps, 1977), debido a la fisiología propia del animal, pero sujeto a factores como el tipo de alimentación y el clima. En general, el estiércol directamente tomado de la conejera (que presenta cierto grado de deshidratación por la exposición al ambiente) contiene: 3 % de N, 2,9 % de óxido de P (P_2O_5), 4,8 % de óxido de K (K_2O), y 2,7 % de óxido de Ca (CaO). Además, presenta un pH básico de 7,2 a 9 el cual es mayor con respecto a otros estiércoles animales como el vacuno, ovino, porcino y avícola (Camps, 1977). Contiene oligoelementos que son sustancias químicas primordiales para el buen funcionamiento del organismo que intervienen en el metabolismo, y microorganismos que son característicos de esta especie y resultan benéficos para el crecimiento vegetal.

Eliminación de patógenos mediante procesos de compostaje

La excretas animales pueden presentar virus, hongos, bacterias como parte de su composición natural; sin embargo, gran parte de estos microorganismos pueden ser eliminados durante la etapa termofílica del proceso de compostaje (Moreno & Moral, 2008). Los microorganismos termófilos (microorganismos que sobreviven a temperaturas entre los 37 °C y los 60 °C) actúan transformando el N en amoníaco, y el pH del medio se hace alcalino. Las temperaturas continúan subiendo por varios días, su aumento es importante, porque permite eliminar las semillas de arvenses nocivas, así como patógenos humanos (*Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Clostridium* sp.) y fitopatógenos (Garro, 2016).

El estiércol usado como materia prima para la elaboración de bioles

El estiércol de conejo puede utilizarse para la elaboración de bioles, que consisten en abonos orgánicos en estado líquido, que se aplican principalmente vía foliar a los cultivos (Li, *et al.*, 2022). Diversos estudios han reportado efectos positivos en el desarrollo vegetal al aplicar bioles. Huanca & Magnolia (2020) evaluaron la morfología del cultivo de cebada aplicando biol elaborado a base de estiércol de cuy, ovino o

vacuno, los cuales fueron aplicados de forma foliar, utilizando tres dosis (0, 15 y 30 %). Los resultados evidenciaron diferencias significativas en diversos parámetros; por ejemplo, plantas más altas (promedio de 27,13 cm) en el tratamiento aplicado con biol de estiércol vacuno (al 30 %), o mayor contenido de proteína (promedio de 15,44 %) en plantas aplicadas con biol de estiércol ovino (al 30 %). En relación con la germinación de semillas, no hubo diferencias de acuerdo con los tratamientos, y fluctuó entre 75 y 81,33 % para todos los tratamientos. En rendimiento total hubo diferencias estadísticas entre tratamientos, el biol de estiércol de cuy al 30 % tuvo mayor rendimiento con 3,75 kg/0,10 m². En cuanto a rentabilidad económica y relación beneficio-costeo, el biol a base de estiércol de cuy (al 30 %) tuvo mayor rentabilidad con 106,31 % y una relación beneficio-costeo de 2,06.

Por otro lado, Cruz, *et al.* (2017), analizaron las características fisicoquímicas, microbiológicas y fitotóxicas (por bioensayos de germinación) de digeridos de estiércol de conejo, equino, vacuno y ovino provenientes de traspatios. Los resultados mostraron que los digeridos alcanzaron pH ácidos (5,38-5,55) y relación C/N de 1,37-1,77. Se observaron coliformes en cantidades de 4 a 7/NMP 10 mL, con mayor contenido en estiércol vacuno. Los niveles de fitotoxicidad resultaron de elevados a moderados, dependiendo del estiércol, lo que sugiere la necesidad de prolongar el tiempo de fermentación para ser usado en forma segura para la producción de cultivos.

Importancia de la producción de almácigo

El proceso productivo de varias especies hortícolas inicia mediante la práctica de producción de almácigo para su posterior trasplante en campo. La producción del almácigo consiste en sembrar en camas de germinación o en charolas de unicel o plástico reciclado y controlar la mayor cantidad de plantas para posteriormente ser llevadas a campo (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2019). Entre las razones que existen para hacer los almácigos son: las semillas muy pequeñas corren el riesgo de quedar muy enterradas, lo que dificulta o impide su crecimiento normal; existen plantas que necesitan protección de lluvia y sol; se economiza semilla, pues se calcula mejor la cantidad requerida y se aprovecha mejor la superficie de terreno mientras las plantas se desarrollan (Ramírez, 2018). Además, se minimiza el riesgo de ataque de plagas y enfermedades obteniendo una planta de calidad.

Uso de abonos orgánicos para la producción de almácigo

Dada la necesidad de producir almácigo de buena calidad y vigor, se ha planteado el uso de abonos orgánicos, ya sea sólidos, líquidos, o en combinación de estos para la fase de vivero de hortalizas. Al respecto se han desarrollado diversas investigaciones; por ejemplo, Acevedo-Alcalá, *et al.* (2020), mezclaron abonos orgánicos comerciales con estiércoles (vacuno y ovino) y turba, junto con fertilización química (0,5, 1,0 y 1,5 g/L de la fórmula 20-18-20) para producir plántula de chile poblano (*Capsicum annuum* L.). El abono orgánico comercial aplicado al 20 % del volumen del sustrato produjo plántulas de mayor altura, diámetro y longitud de raíz. La fertilización química en concentración intermedia (1,0 g/L) produjo plántulas de buena calidad; por lo tanto, no es necesario aplicar altas cantidades de fertilizantes químicos cuando se incluyen estiércoles y abonos orgánicos comerciales a una proporción no mayor del 40 % como componentes del sustrato.

Potencial de abonos orgánicos elaborados con estiércol de conejo para la producción de almácigo

Se ha señalado a los abonos fabricados con estiércol de conejo como una opción adecuada para la producción de almácigo. Algunas investigaciones han evidenciado que el estiércol de conejo compostado constituye una fuente de materia orgánica que puede reemplazar parcialmente al sustrato para la fabricación de plántulas (Li, *et al.*, 2022). La mezcla en diversas proporciones de compost y turba con perlita y vermiculita constituyó un sustrato adecuado para el establecimiento de plántulas de repollo, el material proporcionó los requerimientos nutricionales de las mismas, con porcentajes de emergencia de las plántulas > 90 %. También se reportó una mayor longitud de las raíces, altura de las plántulas y contenido de clorofila. La porosidad mejoró de un 15 % hasta un 28 %. El mejor desarrollo de las plántulas se obtuvo con la proporción de estiércol compostado, turba, perlita y vermiculita de 3:3:2:2.

Producción de tomate en Costa Rica

El tomate es la hortaliza que ocupa el primer lugar en consumo a nivel nacional, con 18,6 kg por persona (Rojas & Castillo, 2007). En Costa Rica la producción se ubica en 6 regiones: Región Central Occidental (provincias de Alajuela y Heredia) con aproximadamente 585 ha (60,9 %), Región Central Oriental (provincia de Cartago) reporta 125 ha (13 %), Región Central Sur (Puriscal, Santa Ana y San Antonio de Belén) con 101 ha (10,5 %), Región Brunca (Pérez Zeledón, Buenos Aires, San Vito), Región Pacífico Central (Orotina y Miramar) y Región Chorotega (Bagaces, Nicoya, Abangares, Liberia, La Cruz y Tilarán), cada una con 50 ha (5,2 %), lo que corresponde a un aproximado de 961 ha sembradas en todo el país. La producción de tomate se destina principalmente al consumo en fresco. El tipo de tomate

de mayor producción y consumo es el fruto tipo bola, aunque también se comercializa una pequeña cantidad de Cherry y roma o saladette (López, 2017).

Uso de abonos orgánicos en la producción de almácigo de tomate

Existen algunas investigaciones sobre la producción de plántulas de tomate usando mezclas de abonos orgánicos fabricados con estiércoles para la preparación de sustratos. Por ejemplo, González *et al.* (2018) evaluaron 10 composts a base de cachaza de caña, estiércol de borrego, aserrín y tierra agrícola para la producción de plántulas de tomate saladette. Este estudio se realizó para encontrar alternativas que sustituyeran los sustratos comerciales, los cuales son caros, la mayoría son de importación y en ocasiones no están disponibles en el mercado local. Finalmente, los resultados indicaron que la combinación de cachaza de caña (60 %), estiércol de borrego (30 %) y aserrín (10 %) previamente composteado por 90 días, presentó características fisicoquímicas apropiadas para la producción de plántulas de tomate, lo cual puede sustituir el sustrato Peat most® al 100 %.

Capítulo III: Metodología

Recolecta y tratamiento de los estiércoles animales

Se elaboraron tres lombricompost, cada uno con un tipo de estiércol diferente; de conejo, cabra y vaca. Los estiércoles fueron recolectados en la Finca Santa Lucía de la Universidad Nacional en Barva de Heredia y en la empresa Rabbit Costa Rica, ubicada en San Ramón, Alajuela. Previo a la elaboración de los tres lombricompost los estiércoles se sometieron a un proceso de desinfección mediante solarización para eliminar patógenos humanos y fitopatógenos por tres días (Marín, *et al.*, 2019). El proceso de solarización consistió en depositar en bolsas de plástico de calibre 400 el estiércol para su desinfección. Seguidamente se expulsó el oxígeno de las bolsas y se procedió a sellarlas y colocarlas directamente al sol para alcanzar una temperatura mayor a los 70 °C, lo cual elimina los patógenos (Instituto en Capacitación Agrícola [INTAGRI], 2025).

Posterior a la solarización se tomaron 500 g de cada uno de los estiércoles para determinar la humedad que contenían antes de ser colocados en los canteros para elaborar los lombricomposts. Adicionalmente, submuestras fueron analizadas en el Laboratorio de Microbiología Agrícola del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica (UCR) para determinar la presencia o ausencia del patógeno humano *Salmonella* sp. el cual fungió como indicador de calidad sanitaria.

Elaboración de lombricompost a base de estiércoles animales

Los lombricompost se establecieron en canteros con área de un m², un cantero para cada tipo de estiércol (conejo, cabra y vaca). Veinte kg de estiércol se repartieron homogéneamente en los canteros, ajustando la humedad de material a 60 – 80 % con agua potable mediante pruebas de puño, que consistieron en presionar las mezclas con el puño, la expulsión de 8 a 10 gotas al realizar dicha operación definía la humedad adecuada (Figura 4) (Somarriba & Guzmán 2004). Posteriormente se inocularon 10 kg de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en cada cantero (Somarriba & Guzmán, 2004).

Figura 4

Prueba de puño para ajustar humedad.



Nota: Tomado de https://www.ina-pidte.ac.cr/pluginfile.php/36676/mod_resource/content/11/Tema%202.pdf (2026).

Además del cuidado de la humedad, se realizó un proceso de aireación periódica del material, para el cual se removía el material con la ayuda de un rastrillo y pala cada ocho días.

Cosecha de abonos orgánicos sólidos y muestreo para análisis

Para la cosecha del lombricompost a las cuatro semanas de iniciado el proceso se colocaron cordones de estiércol de vaca fresco sobre los canteros, para promover que las lombrices se introdujeran en el nuevo sustrato, el cual fue retirado cinco días después (Figura 5). En el material quedó aproximadamente un 3 % de lombrices (Somarriba & Guzmán, 2004).

Figura 5

Cordones de estiércol de vaca para cosecha de lombrices y lombricompost.



Nota: Tomado de <https://repositorio.una.edu.ni/2409/1/nf04s693.pdf> (2026).

Una vez que se llegó al punto final en la elaboración de los lombricompost se tomaron muestras compuestas de 500 g, las cuales se enviaron al CIA de la UCR para realizar análisis para la caracterización química y biológica.

Elaboración de bioles a base de estiércoles animales

Se preparó un biol con cada uno de los tres tipos de estiércoles; de conejo, cabra y vaca. La receta original para preparar 180 L de biol indica el uso de 2 a 4 L de leche o suero de leche, 2 a 4 L de melaza o jugo de caña, de 40 a 50 kg de estiércol, 3 a 5 kg de ceniza de leña o fosfitos, y 3 a 4 kg de sales minerales (Restrepo & Agredo, 2020). Para esta investigación se utilizaron contenedores de 55 L, por lo que las cantidades de los materiales fueron calculados proporcionalmente para este volumen (Tabla 1).

Tabla 1

Insumos y medidas utilizadas en la elaboración de los bioles.

Ingredientes	Cantidad
Agua	55 litros
Leche (o suero)	0,825 mililitros
Melaza	0,825 mililitros
Estiércol de conejo	12,375 kg
Estiércol de cabra	12,375 kg
Estiércol de vaca	12,375
Ceniza de leña o fosfitos	1,1 kg

Nota: Elaboración propia (2026).

A los contenedores se le adaptó a la tapa un conector hembra de material de PVC con una salida de 1". Se colocó una manguera de un grosor de 1" de 70 cm de largo y al final se le instaló una botella de plástico rellena de agua para la expulsión de los gases que se generaron durante el proceso de maduración (Figura 6).

Figura 6

Dispositivos utilizados para la fabricación de bioles.



Nota: Chablé (2025).

La cosecha de los bioles se realizó 30 días después de su elaboración (Restrepo & Agredo, 2020). Se tomaron muestras de 500 ml de todos los bioles, las cuales se enviaron al CIA de la UCR, donde se realizó el análisis para la caracterización química y biológica.

Semilla

Para la elaboración del semillero de tomate se utilizó semilla de la variedad “Hayslip” de la marca EMERALD SEEDS (Figura 7). Esta es una variedad de tomate tipo bola de crecimiento determinado, es decir la planta detiene su crecimiento cuando fructifica, su diámetro es de 3” produce frutos de color rojo redondos y achatados con un sabor equilibrado de excelente calidad, presenta un sabor agridulce y es resistente a las enfermedades producidas por *Verticilium* sp. y *Fusarium* sp. Madura entre los 70 y 80 días después de la siembra y los frutos tienen un peso aproximado de 170 g (Echo community, 2025).

Figura 7

Semilla de tomate variedad Hayslip.



Nota: Fuente Chablé (2025).

Porcentaje de germinación de semilla

Previamente al establecimiento de los ensayos, se determinó el porcentaje de germinación de la semilla, para lo cual se depositaron 100 semillas en una caja Petri de 9 cm de diámetro que contenía en la base algodón húmedo. A los tres días se contabilizó el número de semillas germinadas. En esta prueba se obtuvo un 85 % de germinación quedando evidenciado lo que menciona la etiqueta del fabricante.

Elaboración de sustrato

Para la elaboración de los semilleros se utilizó un sustrato comercial de la marca Hawita®, donde sus características principales son: buena aireación, contiene 1,5 g de fertilizante a base de NPK, 80 % Peat Moss® y 20 % Arcilla. Es de secado lento, pH de 5,9 a 6,2, CE de 0,34 a 0,46 S/cm (Floramundo, 2025). Es ideal para elaboración de almácigos de diferentes hortalizas ya que presenta buen flujo de agua en la bandeja, asegurando la uniformidad en el crecimiento de la planta. Además, viene mezclado con agrolita, que es una roca volcánica llamada roca perlita expandida que contiene agua en su estructura molecular. Esto permite la aireación de la raíz (Caballero-Salinas, *et al.*, 2020). El sustrato mencionado se mezcló con cada uno de los abonos orgánicos sólidos elaborados a partir de estiércoles animales en diversas proporciones de acuerdo con lo descrito en las secciones posteriores.

Establecimiento del semillero

Para la siembra de las semillas se utilizaron charolas (bandejas) o semillero reutilizable, termoformado de 98 cavidades, elaborado de poliestireno, que no perjudica al ambiente (López, 2017). Las bandejas se llenaron con la mezcla de sustrato y abonos orgánicos sólidos. Al realizar las mezclas se ajustó la humedad mediante la prueba de puño para obtener un 80 % (López, 2017) y se colocó una semilla de tomate por cavidad. Al finalizar la siembra de los semilleros, las bandejas se trasladaron a un área ausente de iluminación donde fueron forradas con un nylon de color negro para evitar la pérdida de humedad por evaporación del sustrato y se promover la germinación de las semillas y emergencia de las plántulas (Ortuño, *et al.*, 2015).

Germinación de semillas de tomate

Las bandejas se revisaron a los tres y cinco días después de la siembra. Posteriormente las bandejas se transportaron al invernadero donde se establecieron los ensayos de acuerdo con lo descrito en las secciones posteriores. En general, los ensayos demoraron 27 días, hasta terminar la etapa de plántula (López, 2017).

Ensayo 1. Evaluación del efecto de abonos orgánicos sólidos elaborados con estiércol de conejo y otros abonos de origen animal sobre parámetros morfológicos de plántulas de tomate

Para el establecimiento de este ensayo se mezcló cada uno de los abonos sólidos elaborados con los tres tipos de estiércol y el sustrato comercial en proporción 40:60 (Acevedo-Alcalá, *et al.*, 2020). Los tratamientos donde se utilizaron los abonos elaborados con estiércol de cabra y vaca fungieron como controles, contra los cuales se compararon los resultados obtenidos en el tratamiento en el cual se utilizó el abono elaborado con estiércol de conejo. El experimento consistió en un diseño unifactorial, completamente al azar, donde el factor “tipo de sustrato” contó con cuatro niveles que consistieron en combinaciones de sustrato comercial con: a. lombricompost elaborado con estiércol de conejo, b. lombricompost elaborado con estiércol de cabra, c. lombricompost elaborado con estiércol de vaca y d. control donde se utilizó únicamente sustrato comercial (Tabla 2). Para cada tratamiento se estableció una bandeja con 98 plántulas de tomate. Para evitar efectos de la presencia de microclimas dentro del invernadero, la posición de las bandejas se rotó cada tres días.

Tabla 2

Tratamientos establecidos para evaluación del sustrato elaborado con lombricompost de estiércol de conejo, cabra y vaca en el crecimiento de plántulas de tomate.

Tratamiento	Descripción	Lombricompost de conejo %	Sustrato comercial %
1 (LCo)	Lombricompost de conejo + sustrato comercial	40	60
2 (LCa)	Lombricompost de cabra + sustrato comercial	40	60
3 (LVa)	Lombricompost de vaca + sustrato comercial	40	60
4 (SC)	Sustrato comercial (testigo)	0	100

Nota: Elaboración propia (2026).

Adicionalmente se aplicaron a las plántulas de tomate los bioles correspondientes al mismo tipo de abono sólido utilizado en cada tratamiento. Las aplicaciones foliares comenzaron cuando las plántulas presentaron la primera hoja verdadera a la radiación solar (Morales-Santos, *et al.*, 2017). Los bioles se prepararon a una dosis de cinco L en 100 L de agua (5 %) (Ortuño, *et al.*, 2015). Las aplicaciones se realizaron de forma foliar cada ocho días con la ayuda de una bomba manual hasta los 27 días o hasta que las plántulas formaron siete hojas verdaderas (Ramírez y Matarrita, 2018).

Muestreo

A los ocho días de la emergencia se realizó un muestreo aleatorio de cada una de las bandejas que contenían las plántulas, de las cuales se seleccionaron al azar muestras de 75 plantas por tratamiento para medir las variables de respuesta, las cuales se describirán en secciones posteriores.

Ensayo 2. Determinación de la combinación de abono orgánico sólido y líquido elaborado con estiércol de conejo para promover el crecimiento y vigor de plántulas de tomate en vivero

Para establecimiento del ensayo se procedió de acuerdo con lo establecido en las secciones anteriores, solo que para este ensayo únicamente se evaluaron los abonos (sólido y líquido) elaborados con estiércol de conejo. El sustrato se preparó en dos proporciones de lombricompost y sustrato comercial; de 40:60 y 50:50 (Acevedo-Alcalá, *et al.*, 2020). Se incluyó además un tratamiento testigo que consistió en 100 % sustrato comercial (Tabla 6). Una vez colocados los sustratos en las bandejas correspondientes, se depositaron las semillas de tomate en las cavidades; una semilla por cavidad.

Por otro lado, el biol elaborado con estiércol de conejo se preparó en dos concentraciones: 10 y 15 % y se aplicaron foliarmente (Restrepo, & Agredo, 2020). Como testigo se incluyó un tratamiento con fertilizante químico comercial (10-30-10) que se aplicó vía foliar a la dosis recomendada por el fabricante de 3,5 cc por L de agua.

El ensayo fue de naturaleza bifactorial con dos factores: a. sustrato con tres niveles; proporción de abono sólido: sustrato comercial de 40:60 y 50:50, y un testigo con 100 % sustrato comercial, y b. concentraciones de biol, con dos niveles: 10 % y 15 %, más el testigo (abono foliar comercial) (Tabla 3). Los bioles a las concentraciones indicadas se aplicaron a partir de la aparición de la primera hoja verdadera (Morales-Santos, *et al.*, 2017) repitiendo la aplicación cada ocho días mediante una bomba manual.

El diseño experimental de este ensayo consistió en 3 tipos de sustrato × 3 tipos de abono foliar = 9 unidades experimentales, cada una constituida por una bandeja de 98 cavidades.

Tabla 3

Tratamientos y proporciones de abono sólido (lombricompost) y líquido (biol) elaborados con estiércol de conejo y utilizados en el ensayo.

Tratamiento	% Lombricompost	% Sustrato comercial	% Biol	Fertilizante químico comercial
5 (LCo40/60SC/B10%)	40	60	10	0
6 (LCo40/60SC/B15%)	40	60	15	0
7 (LCo40/60SC/FQ)	40	60	0	3,5 cc (dosis comercial)
8 (LCo50/50/B10%)	50	50	10	0
9 (LCo50/50/B15%)	50	50	15	0
10 (LCo50/50/B0/FQ)	50	50	0	3,5 cc (dosis comercial)
11 (LCo/SC100/B10%)	0	100	10	0
12 (LCo/SC100/B15%)	0	100	15	0
13 (LCo/SC100/FQ)	0	100	0	3,5 cc (dosis comercial)

Nota: Elaboración propia (2026).

Muestreo

A los 10 días de la emergencia de las plantas se tomaron muestras de cada una de las bandejas tomando de forma aleatoria 75 plantas de cada unidad experimental, el cual constituyó un muestreo destructivo. De las 75 plantas se midieron las variables de respuesta indicadas a continuación.

Variables de respuesta

En los dos ensayos se midieron las siguientes variables de respuesta:

Porcentaje de emergencia de planta en bandeja: Para contabilizar la emergencia de plántulas se realizó un conteo a los ocho días después de la siembra. El conteo se realizó de todas las plántulas presentes en la bandeja.

Altura de planta: La medición de la altura se realizó utilizando una regla convencional. Se tomó como referencia el punto de emergencia de la plántula y se registró el crecimiento hasta el estadio en que la planta alcanzó la formación de siete hojas verdaderas.

Número de hojas: Se comenzó el conteo cuando aparecieron las primeras hojas verdaderas en las plántulas y se finalizó la medición cuando las plántulas tuvieron cinco hojas. El conteo se realizó cada ocho días.

Análisis de datos

Con los datos obtenidos se realizaron Análisis de Varianza (ANDEVA) para determinar efectos significativos de los tratamientos ($p < 0,05$) sobre las variables de respuesta medidas. Los datos se analizaron con el programa InfoStat (Di Rienzo, *et al.*, 2020).

Capítulo IV: Resultados y discusión

Caracterización de los abonos orgánicos

Abonos sólidos

Caracterización química.

Los resultados muestran diferencias notables en la composición química de los lombricompost evaluados, el lombricompost de conejo presentó los valores más altos de N (3,41 %), P (1,64%) y Ca (3,06 %), lo que sugiere un mayor potencial para favorecer el crecimiento inicial de las plantas y el desarrollo radicular (Tabla 4). Además, su contenido de hierro (21410 mg/kg) fue significativamente superior al de los demás lombricompost, lo cual podría contribuir a la prevención de deficiencias de este micronutriente en cultivos sensibles. Sin embargo, su relación C/N (8,8) indica una rápida mineralización, lo que puede derivar en una liberación rápida e inmediata de nutrientes, pero también en menor estabilidad a largo plazo. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Castillo, Quarín e Iglesias (2000), quienes demostraron que la composición química de los lombricompost depende fuertemente de la materia prima utilizada, siendo los estiércoles con mayor contenido proteico los que generan abonos más ricos en nutrientes.

Tabla 4

Análisis químico de lombricompost elaborados a base de estiércoles de conejo, cabra y vaca.

Tipo de lombricompost	% masa					mg/kg							%	H ₂ O	mS/cm	%	Relación C/N
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	HUM	pH	CE	C		
Conejo	3,41	1,64	1,57	3,06	0,96	0,63	21410	127	969	776	26	66	8,7	15,3	30,06	8.8	
Cabra	2,28	1,12	1,23	2,73	0,78	0,37	1937	68	297	206	14	65	9,1	8,5	33,69	14,8	
Vaca	2,55	0,83	1,69	2,21	0,63	0,49	3311	57	221	262	17	62	8,4	20,6	34,01	13,3	

Nota: Fuente Laboratorio de Microbiología Agrícola, CIA-UCR. (2023).

El lombricompost de cabra mostró valores intermedios en la mayoría de los macronutrientes, con un contenido de N de 2,28 % y P de 1,12 %. Su relación C/N (14,8) es más equilibrada, lo que sugiere una liberación de nutrientes más gradual y sostenida en el tiempo. Aunque sus niveles de micronutrientes como Zn y Mn fueron menores que los del lombricompost de conejo, su pH ligeramente alcalino (9,1) podría favorecer ciertos cultivos adaptados a suelos básicos. Estos resultados son similares a los reportados por Olivares-Campos, *et al.* (2012) para estiércol bovino lechero, quienes reportaron de

2–2,7 % de N y 0,6–1,0 % de P. Esto confirma que el lombricompost elaborado con estiércol bovino presenta una buena calidad nutricional, aunque es menos ricos en P y Ca que el de conejo.

La relación C/N también mostró diferencias importantes: conejo con 8,8, cabra con 14,8 y vaca con 13,3. Una relación baja, como la observada en lombricompost de estiércol de conejo, indica rápida mineralización y liberación inmediata de nutrientes, lo que favorece el establecimiento inicial de los cultivos. Sin embargo, estudios como los del Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria (2015) señalan que relaciones C/N más altas (10–15) confieren mayor estabilidad y liberación sostenida de nutrientes, lo que puede ser ventajoso en sistemas agrícolas de largo plazo.

En cuanto a los micronutrientes, el contenido de Fe en el lombricompost de conejo (21410 mg/kg) fue extraordinariamente superior a lo reportado por Castillo, Quarín e Iglesias (2000), en su caracterización de lombricomposts elaborados con residuos orgánicos puros y mezclados. Estos autores encontraron valores de hierro inferiores a 5000 mg/kg, reforzando la singularidad del resultado obtenido en la presente investigación. Este resultado sugiere el potencial del lombricompost de conejo para prevenir deficiencias de Fe en cultivos sensibles, aunque también plantea la necesidad de evaluar riesgos de acumulación excesiva en suelos con aplicaciones continuas.

Caracterización microbiológica.

Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias importantes en la densidad poblacional de bacterias y hongos entre los lombricomposts de cabra, vaca y conejo, lo cual refleja la influencia del tipo de estiércol en la dinámica microbiana del compostaje (Tabla 5).

Tabla 5

Análisis microbiológico de lombricompost elaborados con estiércoles de cabra, vaca y conejo.

Tipo de lombricompost	Bacterias UFC/g	Hongos UFC/g
Cabra	2,9x10 ⁸	7,4x10 ⁴
Vaca	1,4 x10 ⁸	1,1x10 ⁵
Conejo	1,9 x10 ⁸	1,9x10 ⁵

Nota: Fuente Laboratorio de Microbiología Agrícola, CIA-UCR (2023).

El lombricompost elaborado con estiércol de cabra presentó la mayor concentración bacteriana ($2,9 \times 10^8$ UFC/g), lo que indica un ambiente altamente favorable para la proliferación de bacterias benéficas. Sin embargo, su población fúngica ($7,4 \times 10^4$ UFC/g) fue la más baja, lo que sugiere que este material favorece la actividad bacteriana sobre la fúngica, quizás debido a la presencia de una menor cantidad de material recalcitrante (celulosa). Lo anterior coincide con lo señalado por Morales-Barrón, *et al.* (2024), quienes indican que el predominio bacteriano puede estar asociado a una rápida descomposición de la materia orgánica y a una mayor disponibilidad inmediata de nutrientes, lo cual sería favorable para la producción vegetal.

El lombricompost elaborado a base de estiércol de vaca registró la menor densidad bacteriana ($1,4 \times 10^8$ UFC/g), pero una población fúngica relativamente alta ($1,1 \times 10^5$ UFC/g). Este balance indica que en el lombricompost de vaca se favorecieron procesos de descomposición más lentos y estables, ya que los hongos suelen participar en la degradación de compuestos más complejos como la celulosa y la lignina (Villegas-Cornelio y Laínez-Canepa, 2017). La mayor proporción de hongos sugiere que este lombricompost tiene potencial para mejorar la estructura del suelo y la formación de agregados estables.

Finalmente, el lombricompost a base de estiércol de conejo mostró una población bacteriana intermedia ($1,9 \times 10^8$ UFC/g) y la mayor densidad de hongos ($1,9 \times 10^5$ UFC/g). Esta proporción entre bacterias y hongos lo convierte en un material versátil, capaz de aportar tanto una rápida mineralización de nutrientes para promover la fertilidad edáfica y nutrición vegetal, como una mejora en la estabilidad y estructura del suelo. La coexistencia de altas poblaciones de ambos grupos microbianos puede favorecer la diversidad funcional y la resiliencia del ecosistema edáfico (Meléndez, 2019).

El análisis microbiológico también evidenció diferencias claras en la presencia de *Salmonella* sp. entre los abonos orgánicos evaluados (Tabla 6).

Tabla 6

Resultados del análisis para detección de *Salmonella* sp. en lombricompost elaborados con estiércoles de cabra, vaca y conejo.

Tipo de abono orgánico	Presencia de <i>Salmonella</i> sp.
Cabra	Negativa
Vaca	Negativa
Conejo	Positiva

Nota: Fuente Laboratorio de Microbiología Agrícola, CIA-UCR (2023).

En el caso de los lombricompost elaborados con estiércoles de cabra y vaca, el resultado fue negativo para *Salmonella* sp., lo que indica productos microbiológicamente seguros desde el punto de vista sanitario. Este perfil sugiere que el proceso de compostaje fue adecuado para eliminar patógenos, garantizando un material apto para uso agrícola sin riesgo de contaminación. Este hallazgo indica que estos abonos son adecuados para fertilización de cultivos de consumo directo. En el caso del lombricompost elaborado con estiércol de conejo, el resultado fue positivo para *Salmonella* sp., lo que representa un riesgo sanitario importante. La presencia de este patógeno puede deberse a una inadecuada higienización del estiércol, o a condiciones de compostaje insuficientes para eliminar microorganismos patógenos. Su uso sin tratamiento adicional podría implicar riesgos de contaminación de cultivos y transmisión de enfermedades a consumidores, por lo que se sugiere probar tiempos más prolongados de solarización y/o compostaje.

En general, los porcentajes de macronutrientes (N, P y K) en los tres tipos de lombricompost fueron abundantes, sobresaliendo el lombricompost de conejo con la mayor concentración de N (3,41 %), seguido por el lombricompost de vaca con un 2,55 % y en el último lugar el lombricompost de cabra con un 2,28 %. El N, que es especialmente importante en los cultivos por su efecto limitante, se encuentra en cantidades superiores, comparando los resultados aquí presentados con lo indicado por Macas (2020), donde abonos orgánicos comerciales presentaron 0,7 % de N. De los tres abonos orgánicos evaluados en el presente trabajo, destacó el lombricompost elaborado con estiércol de conejo por sus concentraciones superiores de microelementos como Fe, Cu, Zn, Mn, y B.

Abonos líquidos

Caracterización química.

Los análisis químicos de los bioles de conejo, cabra y vaca mostraron diferencias relevantes en su composición nutricional y propiedades fisicoquímicas, lo que permite identificar ventajas y limitaciones de cada uno como biofertilizante líquido (Tabla 7).

Tabla 7

Análisis químico de bioles elaborados con estiércoles de conejo, cabra y vaca.

Tipo de biol	% masa						mg/kg					mS/cm	g/mL	
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	pH	CE	Densidad
Conejo	0,1	0,02	0,04	0,02	0,12	0,02	117	1	11	10	2	4,8	9,2	1
Cabra	0,04	0,01	0,03	0,01	0,14	0,02	12	1	2	2	1	4,7	7,6	1
Vaca	0,07	0,01	0,04	0,01	0,09	0,02	23	1	4	4	1	4,6	6,7	1

Nota: Fuente Laboratorio de Microbiología Agrícola, CIA-UCR (2023).

El biol elaborado con estiércol de conejo presentó el mayor contenido de N (0,10 %) y P (0,02 %), lo que lo convierte en una fuente más rica de nutrientes esenciales para el crecimiento vegetativo. Destacó también en micronutrientes como Fe (117 mg/kg), Zn (11 mg/kg) y Mn (10 mg/kg), lo que puede favorecer la síntesis de clorofila y la actividad enzimática en las plantas. Su pH ligeramente ácido (4,8) y elevada conductividad eléctrica (9,2 mS/cm) sugieren una alta concentración de sales solubles, lo que puede mejorar la disponibilidad inmediata de nutrientes, aunque también implica riesgo de salinidad si se aplica en exceso.

El biol elaborado a base de estiércol de cabra mostró los valores más bajos de N (0,04 %) y P (0,01 %), lo que indica menor aporte de macronutrientes en comparación con los otros bioles. Sin embargo, presentó el mayor contenido de K (0,14 %), elemento clave para la regulación hídrica y la resistencia de las plantas frente a estrés. Su pH (4,7) y conductividad eléctrica (7,6 mS/cm) reflejan una solución menos concentrada que la del biol de conejo, lo que podría hacerlo más seguro para aplicaciones frecuentes sin riesgo de acumulación de sales.

El biol elaborado con estiércol de vaca se caracterizó por un contenido intermedio de N (0,07 %) y Ca (0,04 %), lo que lo convierte en una opción equilibrada para mejorar tanto el crecimiento como la estructura celular de las plantas. Su concentración de micronutrientes fue superior a la del biol de cabra

(Fe: 23 mg/kg, Zn: 4 mg/kg, Mn: 4 mg/kg), aunque menor que la del biol de conejo. El pH (4,6) y la conductividad eléctrica (6,7 mS/cm) fueron los más bajos, lo que indica menor riesgo de salinidad y mayor seguridad en aplicaciones continuas, aunque con menor aporte inmediato de nutrientes.

Caracterización microbiológica.

El análisis de la población microbiana en los bioles elaborados a partir de estiércoles de cabra, vaca y conejo reveló diferencias en la densidad de bacterias y hongos, lo que refleja la influencia del tipo de estiércol en la fermentación y calidad del biofertilizante líquido (Tabla 8).

Tabla 8

Análisis microbiológico de bioles elaborados con estiércoles de conejo, cabra y vaca.

Tipo de biol	Bacterias UFC/g	Hongos UFC/g
Cabra	$1,8 \times 10^8$	$7,5 \times 10^5$
Vaca	$3,4 \times 10^7$	$4,1 \times 10^5$
Conejo	$3,2 \times 10^8$	$4,7 \times 10^4$

Nota: Fuente Laboratorio de Microbiología Agrícola, CIA-UCR (2023).

El biol elaborado con estiércol de cabra presentó una concentración bacteriana de $1,8 \times 10^8$ UFC/g, lo que indica una alta actividad microbiana benéfica. Su población fúngica ($7,5 \times 10^5$ UFC/g) fue la más elevada de los tres bioles, sugiriendo un ambiente favorable para hongos descomponedores de compuestos orgánicos más complejos. Este perfil puede traducirse en un biol con buena capacidad de mineralización y aporte equilibrado de nutrientes al suelo.

El biol producido con estiércol de vaca registró la menor densidad bacteriana ($3,4 \times 10^7$ UFC/g), lo que refleja una menor actividad inicial de descomposición rápida. Sin embargo, su población fúngica ($4,1 \times 10^5$ UFC/g) fue intermedia, lo que indica un balance moderado entre bacterias y hongos. Este biol podría liberar nutrientes de manera más gradual, siendo útil en aplicaciones sostenidas y en suelos con necesidad de mejorar la estructura orgánica.

El biol de estiércol de conejo mostró la mayor concentración bacteriana ($3,2 \times 10^8$ UFC/g), lo que sugiere un biol altamente activo en procesos de mineralización rápida y disponibilidad inmediata de

nutrientes. En contraste, su población fúngica fue la más baja ($4,7 \times 10^4$ UFC/g), lo que indica menor participación en la degradación de compuestos recalcitrantes. Este perfil lo convierte en un biofertilizante ideal para etapas de crecimiento vegetativo, aunque con menor aporte a la estabilidad del suelo a largo plazo.

En cuanto a la detección de *Salmonella* sp. en los bioles elaborados con los tres tipos de estiércol, las muestras salieron negativas

Evaluación del efecto de abonos orgánicos sólidos elaborados con estiércol de conejo, cabra y vaca sobre parámetros morfológicos de plántulas de tomate.

Germinación de semillas de tomate.

Los resultados evidenciaron la presencia de diferencias estadísticas ($p = 0.0441$) entre tratamientos, siendo el tratamiento con sustrato comercial al 100 % (tratamiento 4) el que mostró el mayor número de semillas germinadas ($20,67 \pm 7,51$) (Tabla 9) a los ocho días después de la siembra. En contraste, el tratamiento con el menor número de semillas germinadas a los ocho días fue el sustrato que contenía lombricompost de conejo (Tratamiento 1), con $4,33 \pm 1,15$.

Tabla 9

Germinación promedio de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum*) en diferentes sustratos elaborados con lombricomposts de conejo, cabra y vaca en condiciones de invernadero.

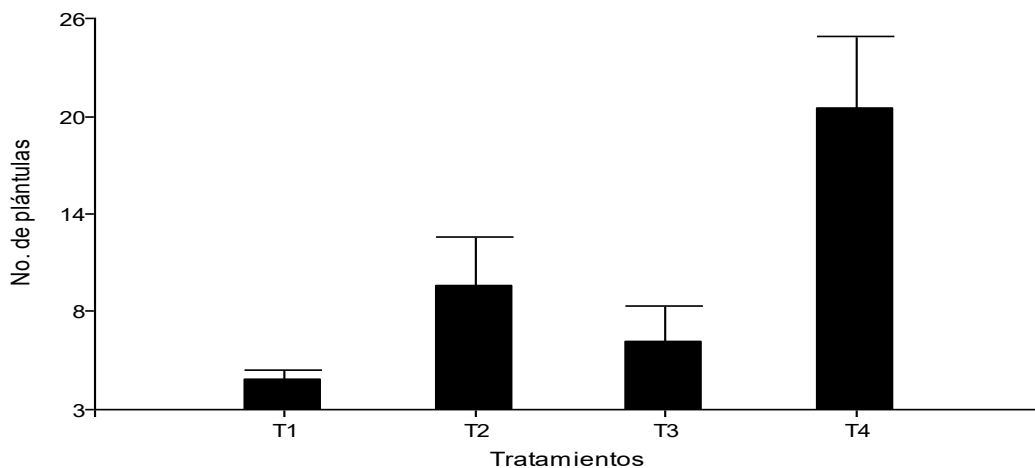
Variable	Tipo de lombricompost	N	Medias (cm)	D.E	Medianas (cm)
Germinación	1 conejo	75	4,33	1,15	5,00
	2 Cabra	75	10,00	5,20	7,00
	3 Vaca	75	6,67	3,79	5,00
	4 sustrato comercial	75	20,67	7,51	25,00

Nota: N = número de observaciones; D.E. = desviación estándar. El análisis de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas en la germinación entre tratamientos ($H=7,92$, $p=0,0441$) (2026).

Después del sustrato comercial, el tratamiento que presentó la germinación más alta fue el sustrato preparado con lombricompost de cabra ($10 \pm 5,20$) (Figura 8).

Figura 8

Germinación promedio de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum*) de ocho días de edad crecidas en diferentes sustratos elaborados con lombricompost de conejo, cabra y vaca en condiciones de invernadero.



Nota: T1:LCO40%+SC60%. T2:LCA40%+SC60%. T3:LVA40%+SC60%. T4: SUSTRATO COMERCIAL 100% (2026).

El lombricompost de conejo mostró menor número de plántulas germinadas en comparación con lombricompost de cabra, vaca y especialmente con el sustrato comercial. Esto sugiere que, bajo las condiciones del ensayo, el lombricompost de conejo no favoreció la germinación inicial de tomate en vivero. El lombricompost de estiércol de cabra presentó un mejor desempeño en comparación con lombricompost de conejo y vaca, con un promedio de 10 plántulas germinadas. El lombricompost de vaca se ubicó en un nivel intermedio, superior al de conejo, pero inferior a la de cabra. El sustrato comercial mostró la mayor germinación (20,67 plántulas), confirmando que las condiciones del ensayo fueron adecuadas y que los abonos orgánicos aún presentan limitaciones frente a un sustrato formulado industrialmente.

Aunque el lombricompost de conejo puede tener ventajas en otros parámetros (nutrientes, mejorador de estructura del suelo, microbiología superior), en términos de germinación inicial no resultó competitivo frente al de cabra, vaca o sustrato comercial. Esto indica que su uso podría requerir mezclas con otros materiales o ajustes en la formulación para mejorar la fase de germinación.

Altura de plántulas.

El análisis estadístico reveló diferencias significativas en la altura de las plántulas según el tipo de lombricompost utilizado. El tratamiento más efectivo en promover el crecimiento en altura fue el que incorporó lombricompost a base de estiércol de vaca ($9,50 \pm 2,38$ cm), seguido por el tratamiento con sustrato comercial ($9,08 \pm 1,92$ cm) (Tabla 10). En contraste, el sustrato con lombricompost fabricado con estiércol de conejo (Tratamiento 1) mostró el menor desarrollo en altura, con una diferencia notable respecto a los demás ($7,22 \pm 2,35$ cm). Esto puede ser explicado por la diferente composición química y microbiológica de los estiércoles utilizados. El estiércol de vaca suele presentar una mayor proporción de nutrientes disponibles (particularmente N y K), además de una comunidad microbiana más diversa que favorece la mineralización y disponibilidad de nutrientes para la planta. En cambio, el estiércol de conejo, aunque rico en ciertos compuestos, puede liberar nutrientes de manera más lenta o presentar características que limitan la absorción eficiente por parte de las raíces.

La baja dispersión observada en los tratamientos 2 (lombricompost de cabra) y 4 (sustrato comercial) sugiere una mayor uniformidad en el crecimiento de las plantas, lo que podría estar relacionado con una liberación más estable de nutrientes y condiciones más homogéneas en el sustrato. Este hallazgo es relevante, ya que la consistencia en el desarrollo vegetal es un indicador de mayor predictibilidad y confiabilidad del tratamiento aplicado.

Tabla 10

Altura promedio de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum*) de 28 días de edad crecidas en diferentes sustratos elaborados con lombricomposts de conejo, cabra y vaca en condiciones de invernadero.

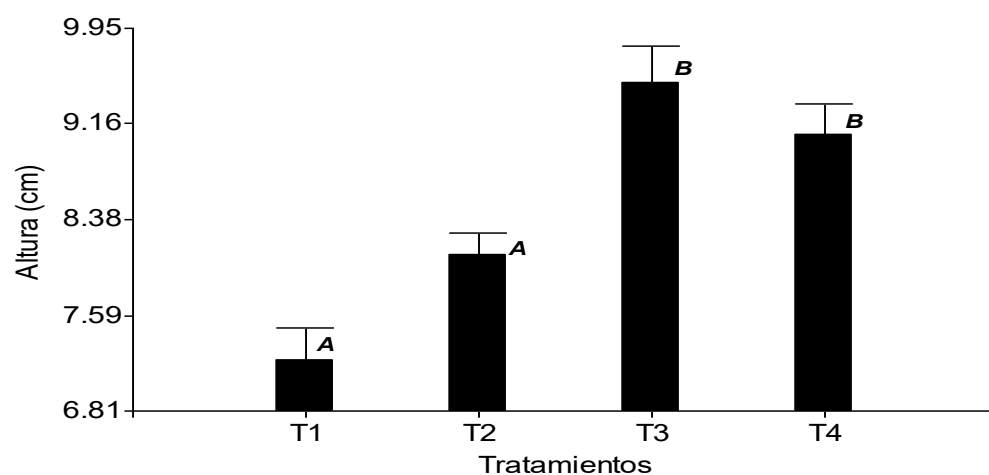
Variable	Tipo de lombricompost	N	Medias (cm)	D.E	Medianas (cm)
Altura	1 conejo	75	7,22	2,35	7,50
	2 Cabra	69	8,08	1,58	8,00
	3 Vaca	61	9,50	2,38	10
	4 sustrato	59	9,08	1,92	9,5
	comercial				

Nota: N = número de observaciones; D.E. = desviación estándar. El análisis de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas entre tratamientos ($H=45.93$, $p<0.0001$) (2026).

El tratamiento a base de lombricompost de estiércol de vaca ($9,50 \pm 2,38$) no presentó diferencias significativas en comparación con el sustrato comercial ($9,08 \pm 1,92$) (Figura 9). El lombricompost de conejo presentó la menor media (7,22 cm), mientras que el de vaca alcanzó la mayor altura (9,50 cm), seguido de cerca por el sustrato comercial (9,08 cm). El lombricompost de cabra se ubicó en un nivel intermedio (8,08 cm). Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Olivares-Campos, *et al.* (2012), quienes observaron que el estiércol bovino, al ser más rico en fibras estructurales como lignina y celulosa, produce un humus más estable y con liberación gradual de nutrientes, lo que favorece un crecimiento sostenido de las plantas. En contraste, el estiércol de conejo, aunque rico en N, tiende a liberar nutrientes más rápidamente, lo que puede explicar un efecto inicial positivo, pero menos duradero en la altura de las plantas (Rodas, 2017). El lombricompost de cabra, según Bruno (2025), mejora la estructura del suelo y la retención de agua lo que contribuye a un crecimiento moderado pero estable. Por su parte, los sustratos comerciales ofrecen resultados competitivos debido a su composición estandarizada y balanceada en nutrientes; sin embargo, diversos autores señalan que carecen de la diversidad microbiana presente en los lombricompost artesanales, lo que puede limitar su capacidad de resiliencia que se define como la capacidad del ecosistema edáfico para recuperarse y mantener sus funciones frente a perturbaciones externas, puede verse limitada por diversos factores en el suelo (Sánchez, 2023).

Figura 9

Altura promedio de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum*) de 28 días de edad crecidas en diferentes sustratos elaborados con lombricomposts de conejo, cabra y vaca en condiciones de invernadero.



Nota: T1:LCO40%+SC60%. T2:LCA40%+SC60%. T3:LVA40%+SC60%. T4: SUSTRATO COMERCIAL 100% (2026).

En síntesis, los resultados de este estudio confirman que el lombricompost de estiércol de vaca es el más efectivo para promover la altura de las plantas, en concordancia con la literatura que destaca su estabilidad y aporte prolongado de nutrientes. El sustrato comercial se aproxima en desempeño, pero con limitaciones en diversidad biológica. Los lombricompost de conejo y cabra, aunque útiles, muestran efectos más modestos, lo que sugiere que la elección del tipo de lombricompost debe considerar tanto la composición química como la dinámica de liberación de nutrientes.

Numero de hojas.

El análisis estadístico evidenció diferencias significativas ($p=0,0001$) en el número de hojas de las plántulas de tomate a los 28 días de edad (Tabla 11), siendo el tratamiento en el que se aplicó lombricompost elaborado con estiércol de vaca en el que las plántulas presentaron mayor número de hojas ($10,08 \pm 3,09$ hojas).

Tabla 11

Número de hojas promedio de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum*) de 28 días de edad crecidas en diferentes sustratos elaborados con lombricomposts de conejo, cabra y vaca en condiciones de invernadero.

Variable	Tipo de lombricompost	N	Medias (cm)	D.E	Medianas (cm)
Número de hojas	T1 conejo	75	6,05	2,17	6
	T2 Cabra	69	7,16	1,61	7
	T3 Vaca	61	10,08	3,09	10
	T4 sustrato comercial	59	9,05	2,18	9

Nota: N = número de observaciones; D.E. = desviación estándar. El análisis de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas entre tratamientos ($H=45.93$, $p=0.0001$) (2026).

El análisis de los lombricompost muestra que el material derivado del estiércol de vaca produjo el mayor número de hojas (10,08), asociado a un equilibrio nutricional más favorable y una relación C/N baja (13,3), lo que facilita la mineralización y disponibilidad de nutrientes. En contraste, el lombricompost de conejo, pese a su alto contenido de N (3,41 %) y P (1,64 %), presentó también una elevada concentración de Fe (21410 mg/kg) y CE elevada (15,3 mS/cm), lo que sugiere condiciones de estrés osmótico y posible toxicidad por metales, pudiendo limitar el crecimiento foliar. El lombricompost de cabra, con valores intermedios de nutrientes y CE baja (8,5 mS/cm), mostró un desempeño

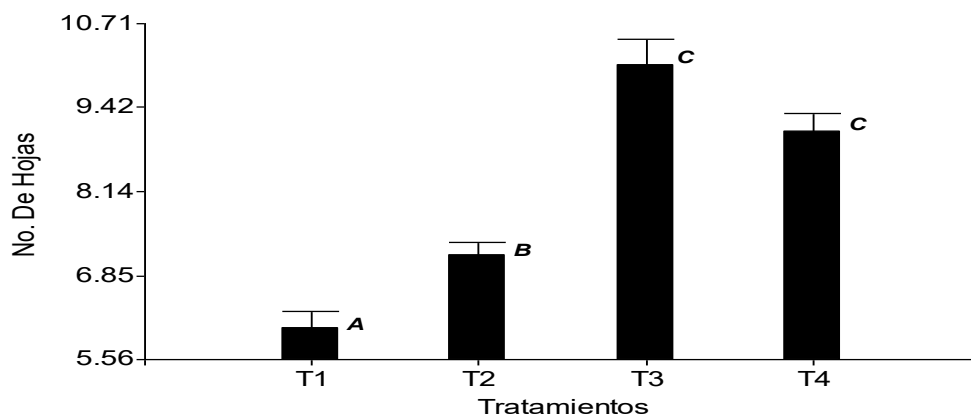
moderado (7,16 hojas), lo que refleja estabilidad química pero menor capacidad de estimular biomasa foliar.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Rodas (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas [INTA], Guatemala 2023). Quien recomienda el uso de lombricompost bovino por su estabilidad y aporte equilibrado de nutrientes, destacando que materiales con alta CE pueden limitar el crecimiento vegetal. De manera similar, Macz de la Cruz (2020) comparó lombricompost elaborados con estiércol bovino, equino y caprino, encontrando que el bovino presentó mejores contenidos de NPK y mayor rendimiento en biomasa, en contraste con el caprino, que mostró valores más bajos. Asimismo, Rubio (2023) caracterizó abonos orgánicos producidos por lombricultura en Querétaro, México y concluyó que los derivados de bovino presentaron propiedades fisicoquímicas más favorables y mayor eficiencia en la producción vegetal que los obtenidos de caprinos, atribuyendo este efecto a la relación C/N más adecuada y menor acumulación de sales.

En contraste, el lombricompost de conejo, aunque rico en nutrientes, ha sido señalado en la literatura como potencialmente problemático por su alta concentración de sales y metales, lo que puede inducir estrés osmótico en las plantas. Esto explica la discrepancia entre su composición química y el bajo rendimiento observado en número de hojas. El lombricompost de cabra se comporta como un sustrato más estable, pero con menor aporte de nutrientes clave, lo que concuerda con estudios que lo describen como menos eficiente en la promoción de biomasa foliar en comparación con el bovino.

Figura 10

Número promedio de hojas de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) de 28 días de edad crecidas en diferentes sustratos elaborados con lombricomposts de conejo, cabra y vaca en condiciones de invernadero.



Nota: T1:LCO40%+SC60%. T2:LCA40%+SC60%. T3:LVA40%+SC60%. T4: SUSTRATO COMERCIAL 100% (2026).

La comparación con otros autores confirma que el lombricompost de vaca es el más eficiente para promover crecimiento foliar, debido a su equilibrio nutricional y relación C/N adecuada, mientras que el de conejo, pese a su riqueza en nutrientes, puede generar efectos adversos por exceso de sales y metales. El de cabra se posiciona como una opción intermedia, útil en términos de estabilidad, pero menos estimulante para el desarrollo foliar.

Evaluación de combinaciones de abono orgánico sólido y líquido elaborado con estiércol de conejo en el crecimiento y vigor de plántulas de tomate en vivero

Germinación.

Los tratamientos evaluados muestran diferencias notables en el porcentaje de germinación, reflejadas en las medias y la variabilidad de los datos. En términos generales, los tratamientos T11, T12 y T13 alcanzaron las medias más altas (21,33–21,67), lo que sugiere que bajo estas condiciones se favoreció la emergencia de plántulas (Tabla 12; Figura 11).

Tabla 12

Germinación promedio de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum*) de ocho días de edad crecidas en sustratos elaborados con lombricompost de conejo y biol de estiércol de conejo a diferentes concentraciones en condiciones de invernadero.

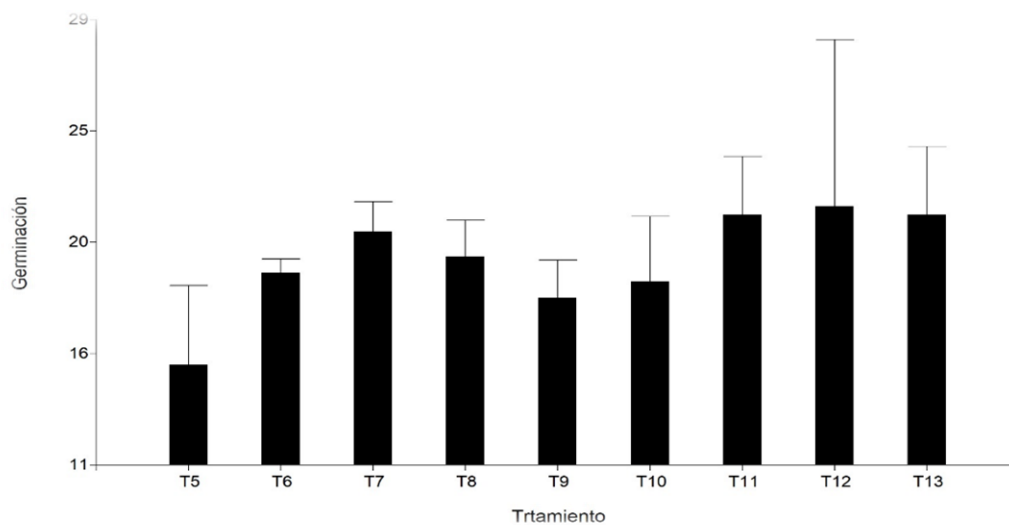
Variable	Tratamiento	n	Media	D.E.	Mín	Máx
Germinación	T10	56	18,67	4,51	14	23
	T11	64	21,33	4,04	17	25
	T12	65	21,67	11,55	15	35
	T13	64	21,33	4,73	16	25
	T5	46	15,33	5,51	10	21
	T6	57	19	1	18	20
	T7	62	20,67	2,08	19	23
	T8	59	19,67	2,52	17	22
	T9	54	18	2,65	16	21

Nota: T5:LCO40%+SC60%+B10%, T6:LCO40%+SC60%+B15%, T7:LCO40%+SC60%+FQ, T8:LCO50%+SC50%+B10%, T9:LCO50%+SC50%+B15%, T10:LCO50%+SC50%+FQ, T11:LCO0%+SC100%+B10%, T12:LCO0%+SC100%+B15, T13: LCO0%+SC100%+FQ (2026).

. En contraste, el tratamiento T5 presentó la menor media (15,33), indicando una menor eficiencia germinativa. La variabilidad de los datos es un aspecto clave: mientras que T6 y T7 exhibieron desviaciones estándar muy bajas (1,00 y 2,08 respectivamente), lo que refleja una respuesta homogénea, el tratamiento T12 mostró una desviación estándar elevada (11,55), evidenciando una gran dispersión en los resultados. Esto puede interpretarse como una respuesta inconsistente del material biológico frente a las condiciones de dicho tratamiento, posiblemente asociada a factores ambientales o a la calidad heterogénea de las semillas. El rango de valores también aporta información relevante. En T12 se alcanzó el máximo absoluto de germinación (35), lo que indica un potencial superior en algunos casos, aunque acompañado de alta variabilidad. Por otro lado, tratamientos como T6 y T7, aunque con medias ligeramente menores, mostraron mayor estabilidad y confiabilidad, lo cual es deseable en sistemas de producción agrícola. En términos comparativos, los tratamientos T11 y T13 resultan particularmente interesantes: ambos presentan medias elevadas y desviaciones estándar moderadas (4,04 y 4,73), lo que combina buen desempeño con consistencia.

Figura 11

Germinación promedio de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum*) de 28 días de edad crecidas en sustratos elaborados con lombricompost de conejo a diferentes concentraciones en condiciones de invernadero.



Nota: T5:LCO40%+SC60%+B10%, T6:LCO40%+SC60%+B15%, T7:LCO40%+SC60%+FQ, T8:LCO50%+SC50%+B10%, T9:LCO50%+SC50%+B15%, T10:LCO50%+SC50%+FQ, T11:LCO0%+SC100%+B10%, T12:LCO0%+SC100%+B15, T13: LCO0%+SC100%+FQ (2026).

Esto sugiere que podrían ser opciones más seguras para garantizar una germinación adecuada en condiciones prácticas de cultivo. Finalmente, los resultados evidencian que no existe un único tratamiento óptimo, sino que la elección depende de los objetivos: si se busca máxima germinación potencial, T12 destaca; si se prioriza estabilidad y uniformidad, T6 y T7 son más adecuados; y si se requiere un equilibrio entre rendimiento y consistencia, T11 y T13 ofrecen ventajas claras.

Estos hallazgos aportan criterios técnicos para la toma de decisiones en la producción de plántulas, donde la eficiencia y la consistencia del proceso de germinación son determinantes para el éxito del cultivo y la sostenibilidad del sistema.

Altura de plántulas

En relación con la altura de las plántulas, el análisis de varianza evidenció diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.001$). El mayor valor promedio se obtuvo en el Tratamiento 9 (50 % lombricompost de conejo + 50 % sustrato comercial + biol de conejo al 15 %), con una altura de $9,24 \pm 1,76$ cm. En contraste, la menor altura correspondió al Tratamiento 11 (sustrato comercial 100 % + fertilizante químico al 10 %), con un promedio de $6,87 \pm 0,98$ cm (Tabla 13; Figura 12). Estos resultados sugieren que la combinación de lombricompost y biol de conejo favorece el crecimiento inicial de las plántulas, mientras que el uso exclusivo de sustrato comercial con fertilizante químico limita su desarrollo en altura.

Tabla 13

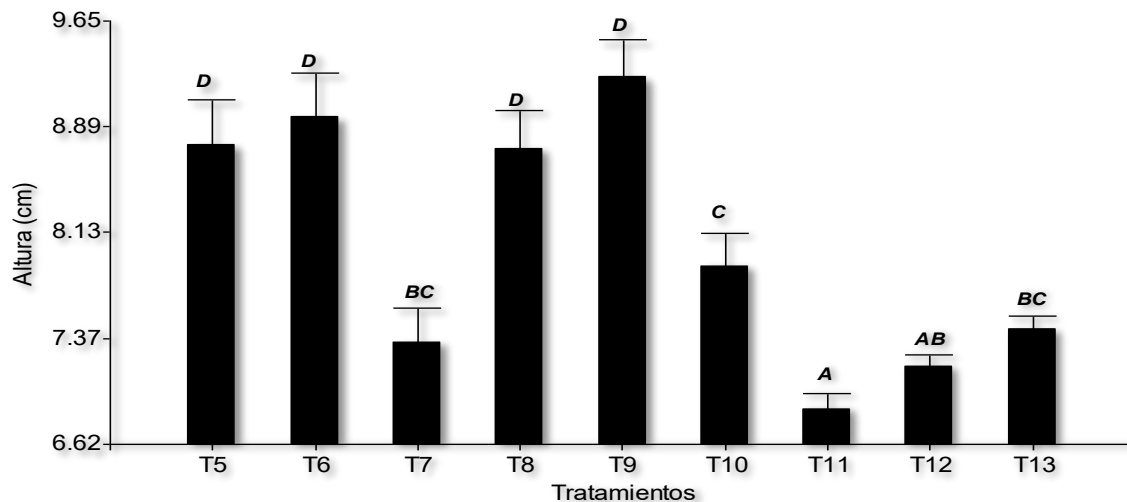
Altura promedio de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum*) de 28 días de edad crecidas en sustratos elaborados con lombricompost de conejo y biol de estiércol de conejo a diferentes concentraciones en condiciones de invernadero.

Variable	Tratamiento	N	Media	D.E.	Mediana	H	p
Altura	T10	45	7.89	1.62	8.00	138.29	
	T11	75	6.87	0.98	7.00		
	T12	75	7.17	0.74	7.00		
	T13	75	7.44	0.83	8.00		
	T5	44	8.76	2.18	9.00		
	T6	43	8.97	2.06	9.50		
	T7	49	7.35	1.73	8.00		
	T8	47	8.73	1.87	9.00		
	T9	43	9.24	1.76	9.50		

Nota. Se presentan las medias, desviaciones estándar (D.E.) y medianas del número de hojas por tratamiento. La prueba de Kruskal-Wallis indicó diferencias significativas entre tratamientos, $H=138.29$, $p<.0001$ (2026).

Figura 12

Altura promedio de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum*) de 28 días de edad crecidas con lombricomposts de conejo, y sustrato comercial en diferentes porcentajes en condiciones de invernadero.



Nota: T5:LCO40%+SC60%+B10%, T6:LCO40%+SC60%+B15%, T7:LCO40%+SC60%+FQ, T8:LCO50%+SC50%+B10%, T9:LCO50%+SC50%+B15%, T10:LCO50%+SC50%+FQ, T11:LCO0%+SC100%+B10%, T12:LCO0%+SC100%+B15, T13: LCO0%+SC100%+FQ (2026).

En el caso del Tratamiento 5 (40 % lombricompost de conejo + 60 % sustrato comercial + biol de conejo al 10 %), la altura tuvo un promedio de 8,76 que comparado con el Tratamiento 6 (LCO40%+SC60%+B15%,) mostró un desempeño más estable, con menor variabilidad y una altura intermedia, lo que refleja la estabilidad química de este abono, caracterizado por una CE baja (8,5 mS/cm) y una relación C/N adecuada (14,8). La respuesta observada en el Tratamiento 9 puede atribuirse a que los nutrientes de los abonos orgánicos son liberados de manera gradual, lo que permite una absorción sostenida por las raíces y mejora la estructura del sustrato, incrementando la aireación y la capacidad de retención de agua (Zavala-Reyna, *et al.*, 2017; Chávez-Díaz, *et al.*, 2020). Además, se ha demostrado que el lombricompost estimula la producción de fitohormonas y enzimas que promueven el crecimiento vegetal, lo que explica el mejor desempeño en altura. En contraste, los fertilizantes químicos actúan de forma inmediata debido a su rápida absorción, pero al carecer de aporte orgánico

pueden limitar el crecimiento estructural de las plántulas en etapas tempranas (Acevedo-Alcalá, *et al.*, 2020)

Número de hojas

En la variable número de hojas se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.001$), obteniendo el mayor resultado en el tratamiento lombricompost de conejo 40 % + sustrato comercial 60 % + biol 15 % aplicado de forma foliar (Tratamiento 6), con un valor promedio de $9,6 \pm 2,48$. Por el contrario, el menor resultado se obtuvo en el tratamiento a base de sustrato comercial 100 % + fertilizante químico 10 % (Tratamiento 11), con un promedio de $5,11 \pm 0,80$ hojas (Tabla 14).

Tabla 14

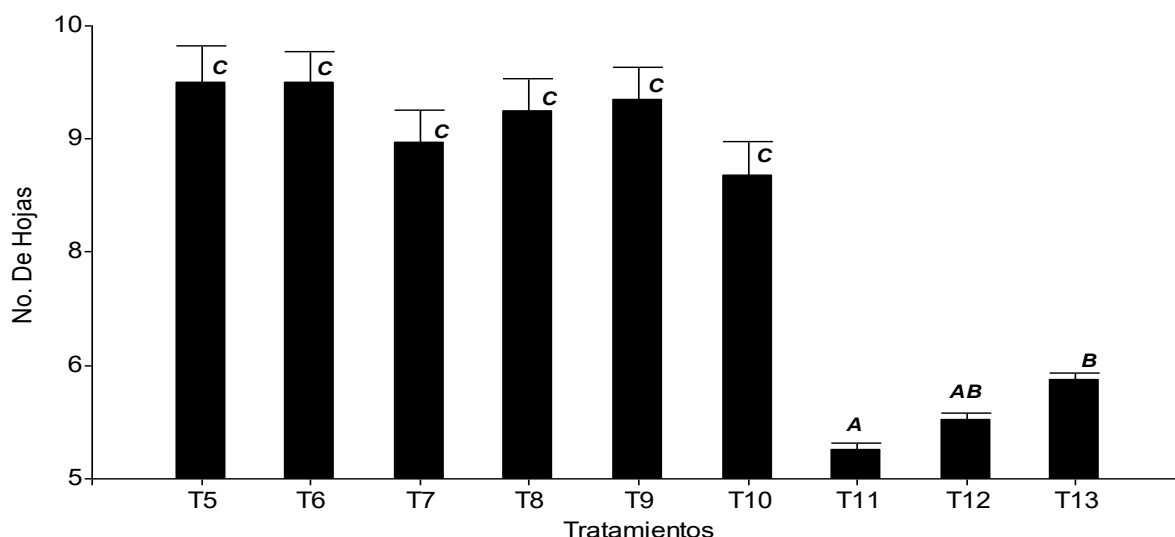
Estadísticos descriptivos del número de hojas por tratamiento.

Variable	Tratamiento	N	Media	D.E.	Mediana	H	p
Numero de hojas	T10	45	8.47	2.83	9.00	256.19	
	T11	75	5.11	0.80	5.00		
	T12	75	5.48	0.74	5.00		
	T13	75	5.96	0.81	6.00		
	T5	44	9.59	3.00	9.00		
	T6	43	9.60	2.48	9.00		
	T7	49	8.86	2.85	9.00		
	T8	47	9.26	2.67	9.00		
	T9	43	9.40	2.56	9.00		

Nota. Se presentan las medias, desviaciones estándar (D.E.) y medianas del número de hojas por tratamiento. La prueba de Kruskal-Wallis indicó diferencias significativas entre tratamientos, $H=256.19$, $p < .0001$ (2026).

Figura 13

Número promedio de hojas de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum*) de 28 días de edad crecidas con lombricompost de conejo mezclado con sustrato comercial en diferentes proporciones en condiciones de invernadero.



Nota: T5:LCO40%+SC60%+B10%, T6:LCO40%+SC60%+B15%, T7:LCO40%+SC60%+FQ, T8:LCO50%+SC50%+B10%, T9:LCO50%+SC50%+B15%, T10:LCO50%+SC50%+FQ, T11:LCO0%+SC100%+B10%, T12:LCO0%+SC100%+B15, T13: LCO0%+SC100%+FQ (2026).

Los tratamientos muestran variaciones importantes en la media y la desviación estándar, lo que refleja diferencias tanto en el rendimiento como en la consistencia de los resultados. T11 (Media = 5,11; D.E. = 0,80), T12 (Media = 5,48; D.E. = 0,74) y T13 (Media = 5,96; D.E. = 0,81) presentan valores medios relativamente altos y desviaciones estándar bajas. Esto indica que los resultados fueron consistentes y homogéneos, lo cual sugiere que estas combinaciones de lombricompost y sustrato generan un efecto más controlado y predecible. T5, T6, T7, T8, T9 y T10 muestran D.E. superiores a 4,7, con valores mínimos de 0 y máximos de 15. Esta dispersión sugiere que, aunque las medias son similares (entre 5,08 y 5,80), los resultados fueron menos consistentes, probablemente debido a una mayor heterogeneidad en la mezcla o en la respuesta del sistema. T13 (Media = 5,96) destaca como el tratamiento con la media más alta y una desviación estándar baja, lo que lo convierte en el más eficiente y estable dentro del conjunto. Los tratamientos con proporciones de SC100 y adiciones específicas (B10 %, B15 % o FQ) tienden a mostrar mayor estabilidad y valores medios más elevados. En contraste, las mezclas con proporciones 50:50 ó 40:60 presentan mayor variabilidad, lo que podría limitar su aplicabilidad práctica si se busca uniformidad en los resultados.

Desde el punto de vista agronómico, el número de hojas es un parámetro fundamental, ya que determina la capacidad fotosintética y, por ende, el vigor de las plantas. En este estudio, los tratamientos T11, T12 y T13 mostraron mayor estabilidad y valores medios elevados, lo que sugiere que las mezclas con SC100 y adiciones específicas favorecen un desarrollo foliar más uniforme. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Cosio, *et al.* (2013), quienes evaluaron el uso de

lombricompost de conejo en *Acer negundo* L. y encontraron que las mezclas con este insumo promovieron un mayor número de plantas logradas y un crecimiento homogéneo. De manera similar, Acevedo y Pire (2004) observaron en *Carica papaya* L. que el lombricompost mejoró parámetros fisiológicos como la altura y el número de hojas, atribuyendo este efecto a la disponibilidad de nutrientes y a la mejora en la estructura del sustrato. Por otro lado, los tratamientos con mezclas 40/60 y 50/50 presentaron mayor variabilidad, lo que podría deberse a una heterogeneidad en la disponibilidad de nutrientes o en la estructura física del sustrato. Este comportamiento también ha sido señalado en estudios sobre el uso de lombricompost, donde se advierte que las proporciones de mezcla influyen directamente en la uniformidad de los resultados agronómicos (García-Gutiérrez, *et al.*, 2012).

Finalmente, los resultados de este trabajo se alinean con la evidencia científica existente: el lombricompost de conejo, combinado con sustratos adecuados, favorece un desarrollo foliar más consistente y vigoroso. Sin embargo, las mezclas más heterogéneas requieren ajustes para reducir la variabilidad y asegurar un crecimiento uniforme.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

En términos generales podemos concluir que el lombricompost elaborado con estiércol de conejo tiene alta concentración de nutrientes y rápida disponibilidad; no obstante, se debe tener cuidado con el proceso de desinfección debido a la presencia de patógenos como *Salmonella* sp. El lombricompost de estiércol de cabra presenta un mejor equilibrio entre nutrientes y estabilidad en la liberación y el lombricompost de estiércol de vaca presenta un mayor aporte de K y CE, útil en cultivos demandantes de este elemento. La elección del lombricompost más adecuado dependerá del cultivo objetivo y de las condiciones del suelo. Para cultivos de rápido crecimiento podría recomendarse el lombricompost de estiércol de conejo, mientras que, para sistemas de producción sostenida y suelos con tendencia a la alcalinidad, el de estiércol de cabra sería más apropiado. El lombricompost de vaca, por su aporte de K, puede ser especialmente útil en cultivos hortícolas y frutales con alta demanda de este nutriente.

Por otra parte, es posible mencionar que cada biol presenta características particulares que pueden aprovecharse según las necesidades del cultivo y las condiciones del suelo. El biol de estiércol de

conejo es más nutritivo; sin embargo, en su forma líquida no se reportó presencia de *Salmonella* sp., pero debe aplicarse con precaución por su alta CE; el lombricompost de cabra es más inocuo y rico en K; y el de vaca es equilibrado y estable, adecuado para programas de fertilización continua.

La composición microbiana de los lombricompost refleja que cada tipo de estiércol genera un perfil distinto de actividad biológica. La elección del material dependerá de los objetivos agronómicos: rápida fertilización (cabra), mejora estructural del suelo (vaca) o un aporte integral y equilibrado (conejo). En el análisis para la detección de *Salmonella* sp. en el abono de conejo subraya la importancia de monitorear la calidad microbiológica de los fertilizantes orgánicos antes de su aplicación. Mientras que los abonos de cabra y vaca pueden considerarse seguros, el de conejo necesita un manejo más riguroso para evitar riesgos de contaminación alimentaria y proteger la salud pública.

Para finalizar la investigación confirma que los abonos orgánicos, particularmente los derivados de cabra y vaca constituyen alternativas viables y seguras para la producción agrícola sostenible, aportando nutrientes esenciales, mejorando la estructura del suelo y reduciendo riesgos ambientales asociados al uso de fertilizantes químicos.

Recomendaciones

- Para cultivos de rápido crecimiento y alta demanda inicial de nutrientes, se recomienda el uso de lombricompost elaborado con estiércol de conejo, debido a su alta concentración de nutrientes y rápida disponibilidad.
- Para sistemas de producción sostenida y suelos con tendencia a la alcalinidad, el lombricompost de cabra es más apropiado, ya que ofrece un equilibrio en la liberación de nutrientes y mayor estabilidad.
- En cultivos hortícolas y frutales con alta demanda de potasio, el lombricompost de vaca resulta especialmente útil por su aporte de K y su conductividad eléctrica.
- El biol de conejo puede emplearse en cultivos exigentes en nutrientes, pero debe aplicarse con precaución debido a su alta conductividad eléctrica, evitando excesos que puedan afectar la fisiología de la planta.
- El biol de cabra es recomendable en programas de fertilización donde se busca inocuidad y aporte de potasio.

- El biol de vaca, por su estabilidad, es adecuado para esquemas de fertilización continua y sostenible.
- Es indispensable prolongar la preparación de lombricompost de conejo, para erradicar la posible presencia de *Salmonella sp.* y garantizar la seguridad alimentaria.
- Los abonos de cabra y vaca, al considerarse más seguros, pueden integrarse con menor riesgo, aunque también deben someterse a controles periódicos.
- El tratamiento T12 (LCo/SC100/B15%) mostró la mejor germinación de semillas de tomate, por lo que se recomienda esta combinación en etapas iniciales de cultivo.
- El tratamiento T9 (50% lombricompost de conejo + 50% sustrato comercial + biol de conejo al 15%) fue el más eficiente en altura, lo que lo convierte en una opción para promover crecimiento vegetativo.
- Se recomienda profundizar en estudios de largo plazo que evalúen la persistencia de sus efectos en diferentes condiciones edafoclimáticas y explorar estrategias de higienización para el estiércol de conejo, con el fin de aprovechar su alto valor nutricional sin comprometer la inocuidad.

Referencias

- Acevedo-Alcalá, R., Pérez, J., & Ramírez, L. (2020). Uso de abonos orgánicos y fertilización química en la producción de plántulas de chile poblano (*Capsicum annuum* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 18(2), 45–56.
- Aguilar, M., Torres, P., & Hernández, C. (2016). Producción de compost y bioles en sistemas agrícolas sostenibles. *Revista Agroecológica*, 12(1), 33–44.
- Aliaga, J. (2017). *Compostaje: fundamentos y aplicaciones*. Editorial Agroecológica.
- Aliaga, J. (2017). Producción de estiércol de conejo y su aprovechamiento en abonos orgánicos. *Revista de Producción Animal*, 15(3), 77–85.
- Aliaga, J., & Mamani, R. (2017). Caracterización de bioles elaborados con estiércoles animales. *Revista de Agricultura Sustentable*, 9(2), 101–110.
- Brenes, L., Solano, J., & Ramírez, F. (2016). Potencial reproductivo de conejos en sistemas familiares. *Revista Cunicultura*, 8(1), 22–30.
- Caballero-Salinas, J., Martínez, P., & Gómez, R. (2020). Caracterización de sustratos comerciales para almácigos hortícolas. *Revista de Producción Vegetal*, 12(1), 33–42.
- Camps, R. (1977). *La cunicultura práctica*. Editorial Aedos.
- Castillo, J., Quarín, M., & Iglesias, R. (2000). Composición química de lombricomposts elaborados con diferentes residuos orgánicos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 10(2), 55–66.
- Chávez, J., & Guzmán, M. (2009). Elaboración de biofermentos en sistemas agrícolas sostenibles. Universidad Nacional Agraria.
- Cordero, A., & Salas, M. (2012). Composición nutricional de la carne de conejo. *Revista de Nutrición Animal*, 14(2), 55–63.
- Cruz, M., Pérez, L., & Ramírez, J. (2017). Producción de abonos orgánicos líquidos a partir de estiércoles animales. *Revista de Agricultura Orgánica*, 12(3), 45–58.
- Cruz, M., Pérez, L., & Ramírez, J. (2017). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de digeridos de estiércoles animales. *Revista de Agricultura Orgánica*, 13(2), 88–97.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). *InfoStat versión 2020*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Dualvet. (2017). El aparato digestivo del conejo. Recuperado de [storage/D9YDSPKZ/el-aparato-digestivo-del-conejo.html](https://storage.googleapis.com/d9ydspkz/el-aparato-digestivo-del-conejo.html)
- Echo Community. (2025). Variedades de tomate resistentes a enfermedades. Echo.

- Fallas, R. (2021). Producción y consumo de tomate en Costa Rica. *Revista Hortícola*, 25(2), 33–40.
- Ferro, J., Martínez, P., & López, A. (2021). Calidad nutricional de la carne de conejo. *Revista de Producción Animal*, 18(1), 22–30.
- Floramundo. (2025). Características de sustratos comerciales para almácigos. Floramundo.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). *The state of food and agriculture 2015*. FAO. <https://www.fao.org/publications> (fao.org in Bing)
- Garro, J. (2016). *Abonos orgánicos en la agricultura ecológica*. Editorial Verde.
- González, M., Hernández, R., & López, P. (2018). Evaluación de composts en la producción de plántulas de tomate saladette. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(4), 765–778.
- Huanca, R., & Magnolia, P. (2020). Evaluación de bioles en el cultivo de cebada. *Revista de Producción Vegetal*, 11(1), 33–44.
- Instituto en Capacitación Agrícola (Intagri). (2025). *Manual de solarización de estiércoles para eliminar patógenos*. Intagri.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2019). *Producción de almácigos hortícolas*. INTA.
- Li, Y., Zhang, H., & Wang, L. (2022). Rabbit manure compost as a substrate for vegetable seedlings. *Journal of Sustainable Agriculture*, 34(1), 12–25.
- López, J. (2017). Producción de tomate en Costa Rica. *Revista Hortícola*, 23(2), 55–63.
- López, J., & Carrión, M. (2021). Evaluación sanitaria de estiércoles en la producción agrícola. *Revista de Agroecología*, 15(2), 88–97.
- López-Coronado, J., & Carrión-Carrera, M. (2021). Uso del estiércol de conejo compostado en viveros hortícolas. *Revista de Producción Vegetal*, 10(3), 55–63.
- Macas, P. (2020). Evaluación de abonos orgánicos comerciales en cultivos hortícolas. *Revista Agroecológica*, 14(2), 77–88.
- Marín, R., Pérez, G., & Ramírez, F. (2019). Solarización de estiércoles para la eliminación de patógenos. *Revista de Ciencias Ambientales*, 17(3), 122–135.
- Meléndez Silva, A. (2019). Diversidad microbiana en compostajes de origen animal. *Revista de Microbiología Agrícola*, 15(2), 44–53.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2022). *Informe anual de consumo de hortalizas en Costa Rica*. MAG.

- Morales, P. (2013). Impacto de los agroquímicos en la salud humana. *Revista Salud y Ambiente*, 7(1), 15–27.
- Morales-Barrón, L., Pérez, A., & Gómez, R. (2024). Dinámica bacteriana en compostajes de estiércoles animales. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 20(1), 33–42.
- Morales-Santos, J., Hernández, P., & Ramírez, F. (2017). Aplicación foliar de bioles en plántulas de tomate. *Revista de Producción Vegetal*, 9(2), 66–74.
- Moreno, J., & Moral, R. (2008). Eliminación de patógenos mediante procesos de compostaje. *Revista de Ciencias Ambientales*, 10(3), 77–85.
- Murray, R., Smith, T., & Johnson, K. (2015). Nutrient runoff and eutrophication in agricultural systems. *Environmental Science Journal*, 20(3), 210–225.
- Navarro-coronel, J., Pérez, A., & Ramírez, F. (2021). Cecotrofia en conejos y su importancia nutricional. *Revista de Producción Animal*, 19(2), 44–53.
- Olivares-Campos, J., Ramírez, F., & Pérez, G. (2012). Caracterización de lombricompost elaborado con estiércol bovino lechero. *Revista de Producción Animal*, 12(3), 55–63.
- Ortuño, M., Ramírez, J., & Pérez, L. (2015). Producción de almácigos de tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista de Agricultura Sustentable*, 11(1), 22–33.
- Pazos-Rojas, M., Hernández, C., & Torres, P. (2016). Innovaciones en la producción de bioles con frutas y leguminosas. *Revista Agroecológica*, 13(1), 22–30.
- Quiñones, A., & Orbes, J. (2021). Caracterización de estiércoles animales para uso agrícola. *Revista Agropecuaria*, 14(2), 65–74.
- Ramírez, J. (2018). Producción de almácigos hortícolas: técnicas y beneficios. *Revista de Agricultura Sustentable,
- Rodas, M. (2023). *Recomendaciones sobre el uso de lombricompost bovino en sistemas agrícolas*. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (INTA), Guatemala.