

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Niveles de lombricompost de mazorcas de cacao, sólido y
lixiviado, en el rendimiento de tomate (*Lycopersicum
esculentum* Mill), Ayacucho, 2023**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Agrónoma

Presentado por:

Bach. Liz Sarayda Ramirez Quispe

Asesor:

Mtro. Rodolfo Alca Mendoza

Ayacucho - Perú

2024

A Dios, por darme la vida, salud y fe; por su amor infinito y ser mi fortaleza en mi diario andar.

Con amor y gratitud a mis padres, Elisa Quispe y Anselmo Ramírez; por su apoyo incondicional, por guiarme y haberme formado con valores e inculcarme el amor a Dios; mi eterna gratitud por depositar su confianza en mí.

Con cariño e infinito agradecimiento a mis hermanos, Yaneth, Lusbeth, Isaias, Ruth, Mireya y Jhonatan; por acompañarme siempre en cada etapa de mi formación, por su apoyo constante, guiarme y ser ejemplo en mi vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), Alma Máter de mi formación profesional. A la Facultad de Ciencias Agrarias y Escuela Profesional de Agronomía; en especial a mis docentes, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias profesionales.

Al Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, asesor del presente trabajo de investigación, quién me dio la confianza y libertad de poder aplicar los conocimientos obtenidos durante mi formación profesional bajo su asesoría; asimismo, por su apoyo y sugerencias oportunas que me permitieron concluir de manera satisfactoria este trabajo de investigación.

Al M.Sc. Alex L. Tineo Bermúdez, docente de la Escuela Profesional de Agronomía, por sus sugerencias y apoyo en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Esteban Quispe Gómez, técnico del laboratorio de Suelos y Análisis Foliar, “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por su colaboración desinteresada.

A todas mis familiares y amistades que me apoyaron directa e indirectamente en todo el proceso del desarrollo del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	viii
Índice de anexos.....	x
Resumen.....	1
Introducción	2
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. El tomate.....	4
1.2.1. Origen.....	4
1.2.2. Distribución geográfica.....	5
1.2.3. Valor nutricional.....	6
1.2.4. Clasificación taxonómica	6
1.2.5. Descripción botánica.....	7
1.2.6. Clasificación según el hábito de crecimiento	9
1.2.7. Fenología del tomate	10
1.2.8. Requerimientos edafoclimáticos.....	10
1.2.9. Fertilización del tomate	12
1.2.10. Rendimiento	12
1.3. El cacao	12
1.3.1. Producción nacional de cacao	13
1.3.2. Residuos de cosecha del cacao.....	14
1.4. Descripción de abonos orgánicos	14
1.4.1. Abonos orgánicos	14
1.4.2. La lombricultura.....	15
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	18
2.1. Lugar del experimento.....	18
2.2. Condiciones climáticas.....	18

2.3.	Características del suelo	19
2.4.	Características del abono	20
2.4.1.	<i>Lombricompost de cacao</i>	20
2.5.	Materiales	21
2.5.1.	<i>Colección de materiales para la preparación de lombricompost de cacao</i>	21
2.5.2.	<i>Material genético utilizado</i>	21
2.6.	Factores de estudio	22
2.6.1.	<i>Niveles de lombricompost de mazorcas de cacao lixiviado (L)</i>	22
2.6.2.	<i>Niveles de lombricompost de mazorcas de cacao sólido (S)</i>	22
2.7.	Tratamientos	22
2.8.	Diseño experimental y análisis estadístico	22
2.9.	Características del diseño experimental	23
2.10.	Croquis del diseño experimental	23
2.11.	Instalación y conducción del experimento	23
2.11.1.	<i>Instalación de lombricompost</i>	23
2.11.2.	<i>Elaboración del compost y lombricompost</i>	24
2.11.3.	<i>Instalación del cultivo</i>	24
2.11.4.	<i>Manejo del cultivo</i>	24
2.11.5.	<i>Cosecha</i>	25
2.12.	Métodos y criterios de evaluación.....	26
2.12.1.	<i>Evaluaciones agronómicas</i>	26
2.12.2.	<i>Caracteres de precocidad</i>	26
2.12.3.	<i>Rendimiento</i>	26
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN		28
3.1.	Caracteres de precocidad	28
3.1.1.	<i>Días a la floración</i>	28
3.1.2.	<i>Días al cuajado</i>	29
3.2.	Variables de rendimiento	30
3.2.1.	<i>Altura de la planta a los 20, 35 y 65 días</i>	30
3.2.2.	<i>Número de flores por racimo en planta</i>	35
3.2.3.	<i>Número de racimos por planta</i>	36
3.2.4.	<i>Número de frutos por planta</i>	37

3.2.5. <i>Longitud de fruto</i>	39
3.2.6. <i>Diámetro ecuatorial de fruto</i>	42
3.2.7. <i>Rendimiento total de frutos</i>	45
3.2.8. <i>Rendimiento de frutos de categoría primera, segunda y tercera</i>	48
3.3. <i>Correlación de las variables</i>	49
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. <i>Nivel medio de nutrientes en el suelo para el cultivo de tomate</i>	12
Tabla 1.2. <i>Perú: Producción Regional de Cacao en grano</i>	13
Tabla 2.1. <i>Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, mínimo, promedio), precipitación y balance hídrico. Estación meteorológica INIA-2735 msnm</i>	18
Tabla 2.2. <i>Interpretación de los resultados de análisis de suelo de Pampa del Arco, Ayacucho, Huamanga, Ayacucho</i>	19
Tabla 2.3. <i>Composición del lombricompost de cacao</i>	20
Tabla 2.4. <i>Composición del lixiviado de lombricompost de cacao</i>	21
Tabla 2.5. <i>Descripción de los tratamientos</i>	22
Tabla 3.1. <i>Análisis de variancia de días a la floración, ddt</i>	28
Tabla 3.2. <i>Análisis de variancia de días al cuajado, ddt</i>	29
Tabla 3.3. <i>Análisis de variancia de altura de planta (cm)</i>	30
Tabla 3.4. <i>Análisis de variancia de número de flores por planta de tomate</i>	35
Tabla 3.5. <i>Análisis de variancia de número de racimos por planta de tomate</i>	36
Tabla 3.6. <i>Análisis de variancia de número de frutos por planta (u)</i>	37
Tabla 3.7. <i>Análisis de variancia del largo de fruto (cm)</i>	39
Tabla 3.8. <i>Análisis de variancia del diámetro de fruto (cm)</i>	42
Tabla 3.9. <i>Análisis de variancia del rendimiento total de frutos (g.)</i>	45
Tabla 3.10. <i>Análisis de variancia del rendimiento de frutos categoría primera, segunda y tercera</i>	48
Tabla 3.11. <i>Correlación lineal de las 10 variables cuantitativas, evaluados en tomate con niveles de lombricompost, de cacao, sólido y lixiviado, Ayacucho, 2023</i>	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. <i>Estados fenológicos del tomate</i>	10
Figura 2.1. <i>Datos metereológicos: temperaturas (máxima, mínima, promedio), precipitación y balance hídrico. Estación meteorológica INIA-2735 msnm</i>	19
Figura 3.1. <i>Prueba de Tukey de los días a la floración del tomate de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado</i>	29
Figura 3.2. <i>Prueba de Tukey de la diferencia de altura de planta a los 20 ddt de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado</i>	31
Figura 3.3. <i>Prueba de Tukey de la diferencia de altura de planta a los 35 ddt de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado</i>	32
Figura 3.4. <i>Prueba de Tukey de la diferencia de altura de planta a los 65 ddt de los efectos principales de los niveles de lombricompost lixiviado y sólido</i>	33
Figura 3.5. <i>Influencia de los niveles de lombricompost, en tres niveles de lixiviado, en la altura de planta, a los 20 días después del trasplante</i>	33
Figura 3.6. <i>Influencia de los niveles de lombricompost, en tres niveles de lixiviado, en la altura de planta, a los 35 días después del trasplante</i>	34
Figura 3.7. <i>Prueba de Tukey de los números de racimos por planta de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado</i>	37
Figura 3.8. <i>Prueba de Tukey del número de frutos por planta de los efectos principales de los niveles de lombricompost lixiviado y sólido</i>	38
Figura 3.9. <i>Prueba de Tukey del largo de fruto de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado</i>	40
Figura 3.10. <i>Influencia de los niveles de lombricompost, en tres niveles de lixiviado, en la longitud del fruto</i>	41

Figura 3.11.	<i>Prueba de Tukey del diámetro de fruto de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado</i>	43
Figura 3.12.	<i>Influencia de los niveles de lombricompost, en tres niveles de lixiviado, en el diámetro del fruto</i>	44
Figura 3.13.	<i>Prueba de Tukey del rendimiento total de frutos de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado</i>	46
Figura 3.14.	<i>Influencia de los niveles de lombricompost, en tres niveles de lixiviado, en el rendimiento total de frutos.....</i>	47

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Datos de campo, tomados durante las evaluaciones para cada una de las variables propuestas en tomate, en condiciones de invernadero, Pampa de Arco, Ayacucho, 2023.....	56
Anexo 2. Análisis de caracterización del suelo experimental, Pampa de Arco, ciudad universitaria, Ayacucho, 2023	58
Anexo 3. Análisis de lombricompost de cacao, evaluado en el laboratorio por MULTISERVICIOS AGROLAB, 2023	59
Anexo 4. Análisis de lixiviado de lombricompost de cacao, evaluado en el laboratorio por MULTISERVICIOS AGROLAB, 2023	60
Anexo 5. Panel fotográfico	61

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo, evaluar la influencia de lombricompost sólido a base de mazorcas de cacao y su lixiviado en el rendimiento de tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill.), Ayacucho 2023. Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con arreglo factorial (3 niveles de lixiviado y 4 niveles de lombricompost) y tres repeticiones, donde se evaluó 12 tratamientos. Las variables evaluadas fueron: caracteres de precocidad (días a la floración y días al cuajado), caracteres de productividad (altura de planta, número de flores por racimo, número de racimos por planta, número de frutos por planta, longitud y diámetro del fruto, rendimiento del fruto en categoría primera, segunda y tercera). Como resultado, se encontró un promedio de 37.22 días a la floración y 57.58 días al cuajado. Para altura de la planta, se encontró diferencia significativa a los 20 días y 35 días, con 26.67 cm (T12) y 35.67 cm (T12), respectivamente; altura a los 6 días resultó no significativo, pero con nivel de 6.27 t/ha de lombricompost se obtuvo altura máxima de 59.37 cm. Se encontró 13.67 unidades de número de racimos con T9, 7.52 cm de longitud de fruto con T12, 4.83 cm de diámetro ecuatorial del fruto con T12, 880.67 g de rendimiento de fruto con T12. En el rendimiento, los niveles de lombricompost lixiviado con 0% y 5%, obedecen a un modelo de regresión cuadrático y con 10% de lixiviado a un modelo lineal.

Palabras clave: Lombricompost, lixiviado, cacao, *Lycopersicum sculentum*

INTRODUCCIÓN

El uso de productos químicos en la agricultura causa un gran impacto en el suelo agrícola y consecuentemente causa efectos negativos en el ambiente.

Según Honles et al. (2022), que se basó en el Censo agropecuario del 2012, el 88% de los agricultores peruanos utiliza pesticidas químicos con regularidad, mientras que sólo el 5% de ellos practica la agricultura orgánica. Siendo esta cifra el reflejo de que hay mayores riesgos de contaminación por plaguicidas ya que no se ve una adecuada regulación agroquímica.

En los distritos productores de cacao de la región Ayacucho, no existe investigación referente al uso adecuado a los residuos de cosecha. La elaboración y posterior utilización de productos obtenidos a base de estos residuos aportará de manera eficiente en un mayor rendimiento del cultivo, además de promover la agricultura orgánica, con productos que puedan ser elaborados por los mismos productores, de esta manera se logra reducir el costo de producción disminuyendo el costo productos químicos.

Una de las principales razones para realizar la investigación en lombricompostaje a base de residuos de cosecha de cacao, es que para la gran mayoría de agricultores la agricultura representa su fundamental sustento económico y fuente de trabajo. Los conocimientos y resultados que se obtendrá serán en beneficio de los propios agricultores ya que podrán saber la riqueza nutricional y su influencia en el cultivo que puede generar al usar de manera más eficiente estos residuos de cosecha. Además, esta información servirá también a profesionales que estén interesados en manejar cultivos de manera orgánica aprovechando los subproductos del cultivo que manejan.

El tomate es originario de los Andes del Perú, donde apareció silvestre con una

fruta redonda de color rojo. Gradualmente se esparció a lo largo de Suramérica desde donde continuó su viaje hasta América Central. Ahí, ya hace miles de años, lo llamaron “xitomatl” en el lenguaje Nahuatl, que era el idioma que hablaba la nación azteca; fue allí adonde fue cosechado, cultivado y mejorado produciendo una mayor diversidad de frutos (Brouwer & Elliott, 2006).

García (1959) menciona que el cultivo de tomate alcanza rendimientos de hasta 50 toneladas por hectárea, esto cuando se realiza un abonamiento químico y estiércol.

Para obtener un rendimiento suficiente del cultivo de tomate se debe utilizar grandes cantidades de fertilizantes minerales y pesticidas, lo que supone también un aumento de los costes de producción y del consumo de energía y si no se utiliza adecuadamente pueden surgir problemas de salinización y contaminación del suelo.

Objetivo general

Evaluar la influencia del lombricompost de cacao, sólido y lixiviado, en el rendimiento de tomate (*Lycopersicum sculentum*), Ayacucho, 2023.

Objetivos específicos

1. Evaluar la influencia del lombricompost sólido de mazorcas de cacao, en el rendimiento de tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill), Ayacucho, 2023.
2. Evaluar la influencia del lixiviado de lombricompost de mazorcas de cacao, en el rendimiento de tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill), Ayacucho, 2023.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Sailema (2021), evaluó la influencia agronómica del compost elaborado a base de cáscara de cacao, donde determinó que con una fertilización a base de 20 t/ha al usar como técnica orgánica para la productividad y rendimiento del cultivo de pimiento. Además, menciona que es beneficioso para las características agronómicas, el rendimiento y la productividad del cultivo el uso de sub productos de cosecha de cacao.

Bailón et al. (2021), evaluó los indicadores fisicoquímicos y determinaron la calidad de compost producidos a base de residuos de cosecha de cacao y café; realizando una investigación no experimental correlacional con ajustes estadísticos completamente aleatorizado, se evaluaron indicadores físicos (humedad) y químicos (ceniza, pH, MO, N, P₂O₅, K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn) y se determinó la calidad según la Norma Técnica Colombiana (NTC 5167). La Norma Oficial Chilena (NOCh 2880) y los estándares de calidad de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los resultados que obtuvieron no mostraron diferencias en los indicadores fisicoquímicos, excepto en los niveles de N y según la NTC y la OMS, corresponden a un compost de buena calidad y la NOCh los clasifica de calidad media, entonces, los compost que evaluaron son de calidad media y la norma que mejor determina la calidad es la NOCh, que puede ser aplicada en países que no disponen de una norma específica que determine la calidad del compost.

1.2. El tomate

1.2.1. Origen

Es originario de los Andes del Perú, donde apareció silvestre con una fruta redonda de color rojo. Gradualmente se esparció a lo largo de Suramérica desde donde continuó su viaje hasta América Central. Ahí, ya hace miles de años, lo llamaron “xitomatl” en el lenguaje Nahuatl, que era el idioma que hablaba la nación azteca; fue allí

adonde fue cosechado, cultivado y mejorado produciendo una mayor diversidad de frutos (Brouwer & Elliott, 2006).

El advenimiento de la biología molecular en la década de 1980 generó grandes esperanzas en términos de caracterización de la diversidad genética presente en los comportamientos silvestres y cultivados. El desarrollo de técnicas de biología molecular permitió identificar las regiones genómicas involucradas en los rasgos específicos (Rothan et al., 2019). Recursos genéticos disponibles en repositorios públicos comprenden las 12 especies silvestres relacionadas y miles de variedades locales, cultivares modernos y mutantes. Además, secuencias genómicas de alta calidad están disponibles para el tomate cultivado y para varios parientes silvestres, cientos de las accesiones han sido secuenciadas, y las bases de datos que recopilan datos de secuencias junto con datos genéticos y fenotípicos son accesibles para la comunidad del tomate (Rothan et al., 2019).

1.2.2. Distribución geográfica

Arce (2013), analizó la distribución geográfica de los tomates silvestres utilizando una base de datos de 454 observaciones georreferenciadas y determinó que los tomates se encuentran en 5 países, con las mayores proporciones en Perú, Ecuador y Chile, representando el 99% de las especies.

Según datos del Ministerio del Ambiente (MINAN, 2020), durante investigaciones en 331 distritos de los 24 departamentos del Perú, se encontró que esta especie cultiva en las siguientes regiones naturales:

- Chala, de los departamentos de Áncash, Arequipa, La Libertad, Lambayeque, Lima, Moquegua, Piura y Tumbes
- Yunga Marítima, de los departamentos de Áncash, Arequipa, Ica, Lima, Moquegua y Tacna.
- Yunga fluvial, de los departamentos de Amazonas, Apurímac, Cajamarca, Cuzco, Huánuco, Junín, Pasco, Puno y San Martín.
- Rupa Rupa, de los departamentos de Amazonas, Ayacucho, Cuzco, Junín, Pasco, Puno y San Martín.
- Omagua, de los departamentos de Junín, Loreto, Madre de Dios, San Martín y

Ucayali.

- Quechua, de los departamentos de Áncash, Ayacucho, Cajamarca, Cuzco y Junín.
- Suni, en los departamentos de Ayacucho y Cuzco.

1.2.3. Valor nutricional

Los tomates se componen principalmente de agua y sus principales nutrientes son los hidratos de carbono. Entre las vitaminas cabe destacar el contenido de vitamina A, que es esencialmente b-carotenos (494 µg/100 g) y vitamina C, así como el potasio procedente de los minerales. Los tomates y sus derivados son especialmente ricos en licopeno, responsable del color rojo del fruto, que presenta una alta capacidad antioxidante que se asocia con un riesgo reducido de padecer enfermedades crónicas como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares. Cabe destacar también el contenido de otros carotenoides, que también tienen propiedades antioxidantes, como la luteína y la zeaxantina; ambos se encuentran en el área central de la retina, la mácula y la parte central del cristalino del ojo, y son importantes en la prevención de cataratas y están asociados con la degeneración macular relacionados con la edad. También desempeña un papel importante en los esteroides vegetales, que reducen los niveles de colesterol en sangre, en parte al inhibir la absorción de colesterol en los intestinos. Finalmente, también contiene el antibiótico tomatina, que tiene propiedades antibacterianas, antifúngicas y antiinflamatorias (Ávila & Beltrán, 2007).

1.2.4. Clasificación taxonómica

Reino	: Plantae
Subreino	: Tracheobionta
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Solanales
Familia	: Solanaceae
Género	: Solanum
Especie	: <i>Solanum Lycopersicum</i>

Fuente: (Jano, 2006, citado en Monzón-Sequeiros, 2016)

1.2.5. Descripción botánica

Según Jaramillo et al. (2013), el tomate “es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva anualmente. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta y según el hábito de crecimiento las variedades se dividen en determinadas e indeterminadas” (p. 97).

En las variedades determinadas su crecimiento es limitado, a diferencia de las variedades indeterminadas el crecimiento es ilimitado. Las variedades con hábitos determinados son de tipo arbustivo, bajas, compactas y su producción de fruto se concentra en un periodo relativamente corto. Las plantas crecen, florecen y fructifican en etapas bien definidas; poseen inflorescencias apicales. Las variedades de hábito indeterminado tienen inflorescencias laterales y su crecimiento vegetativo es continuo. La floración, fructificación y cosecha se extienden por periodos muy largos, presentan la yema terminal del tallo vegetativa y hay de tres o más hojas entre cada inflorescencia a lo largo del tallo. Las variedades de tomates agrícolas a menudo tienen un hábito firme con frutos en forma de pera o ciruela, redondos, oblongos, en forma de corazón o cilíndricos. Los cultivares de tomate de mesa y chonto y cereza tienen hábitos indeterminados, y las plantas requieren esfuerzo para gestionar su crecimiento (Jaramillo et al., 2013).

a) Raíz

El sistema radicular del tomate se sitúa en la superficie y está formado por la raíz principal (cortas y débiles), raíces secundarias (muchas y fuertes) y raíces adventicias. Internamente presentan tres zonas diferenciadas: la epidermis, donde se encuentran los pelos absorbentes que se especializan en absorber agua y nutrientes; corteza; y la columna central o vascular donde se ubica la xilema. La mayoría de las raíces ocupan los primeros 20 a 25 cm del suelo (Jaramillo et al., 2013).

b) Tallo

Al igual que en muchas plantas superiores, es una continuación de la raíz. La base de la planta suele tener entre 2 y 4 centímetros en la base de la planta y es más delgada en la parte superior, donde se forman nuevas hojas y racimos de flores. Los tallos también están formados por epidermis que contiene tricomas, corteza, cilindro vascular (xilema) y tejido medular (López & Parrado, 2021).

c) Hojas

Las hojas del tomate tienen forma imparapinadas, consta de foliolos alternos e impares que culminan en un solo foliolo en la parte apical. El número de hojas por tallo y la frecuencia de aparición de las hojas dependen principalmente del tipo de hábito de crecimiento de la planta y por la temperatura. Por ejemplo, plantas con un hábito de crecimiento determinado, desarrollan hojas a un ritmo de 2.5 hojas por semana, a una temperatura promedio de 23 °C (López & Parrado, 2021).

d) Flores

Las flores de tomate son perfectas, con órganos femeninos y masculinos funcionales. Cada inflorescencia o racimo produce varias flores y una sola planta de crecimiento indeterminado puede producir 20 o más inflorescencias sucesivas durante un ciclo de cultivo, bajo condiciones de invernadero (López & Parrado, 2021). La flor tiene una zona de abscisión en el medio del pedicelo, que se reconoce fácilmente por el bulto que se observa. Si el fruto no se forma, la flor se rompe y cae. Existen diferentes etapas de desarrollo floral dentro de una sola inflorescencia; es decir, flores sin abrir, flores en antesis o completamente abiertas y flores fertilizadas. Por lo general, una o dos flores florecen en racimos cada día. Las variedades de frutos grandes tienen menos flores por inflorescencia que aquellas que producen frutos más pequeños, como en el caso del tipo Cherry. En las plantas, la fructificación se produce de abajo hacia arriba, es decir desde la inflorescencia inferior hasta la inflorescencia superior (Jaramillo et al., 2013)

e) Fruto

Los frutos del tomate se llaman bayas y varían en tamaño, forma, color, textura y composición según el tipo de tomate. Está formado por la epidermis o piel, la pulpa, el tejido placentario y las semillas. El interior está dividido en lóculos, que pueden ser bi, tri, tetra o pluriloculares. En éstas se forman las semillas (Jaramillo et al., 2013). Está compuesto de 94-95% de agua. El restante 5-6% restante es una mezcla compleja dominada por ingredientes orgánicos, los que le dan al fruto un sabor y textura única. Pasan de 60 a 70 días desde la fructificación (cuajamiento) hasta la cosecha (López & Parrado, 2021).

f) Semilla

Las semillas de tomate son pequeñas, generalmente lenticelulares, de 3 a 5 mm de

diámetro. Puede ser esférico, ovalado o casi redondo, ligeramente alargado, arriñonado de forma globular, ovalada, achatada o casi redonda. Está formado por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, la cual está recubierta de pelos. El embrión a su vez está constituido por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. Las semillas dentro del lóculo en sus últimas etapas de desarrollo aparecen inmersas en una sustancia gelatinosa (Jaramillo et al., 2013).

La semilla de tomate puede presentar latencia, la cual puede romperse por exposición a la luz, con tratamientos alternos de bajas y altas temperaturas o remojándolas en una solución de nitrato de potasio (Jaramillo et al., 2013).

1.2.6. Clasificación según el hábito de crecimiento

a) En plantas de crecimiento indeterminado

Se forma en la axila de la hoja más joven (la que está inmediatamente por debajo del racimo floral más reciente) una yema vegetativa que continúa el crecimiento y desplaza esta hoja a una posición por encima del racimo floral más reciente y sigue su crecimiento formando tres o cuatro hojas y luego un nuevo racimo floral. A partir de ahí el proceso se vuelve repetitivo, pues debajo de la nueva inflorescencia surge una yema que desarrolla nuevamente 3 o 4 hojas y un nuevo racimo floral y así sucesivamente se repite esta secuencia de crecimiento hasta que las condiciones sean favorables. De esta forma, las plantas de crecimiento indeterminado pueden crecer indefinidamente alcanzando longitudes mayores a 5 metros. Generalmente requieren sistemas de soporte o “tutorado” para mantenerse erectas. La producción de frutos se maneja a lo largo de toda la planta y para evitar la proliferación de nuevos tallos, deben podarse continuamente los nuevos brotes axilares (López & Parrado, 2021).

b) En las plantas de crecimiento determinado

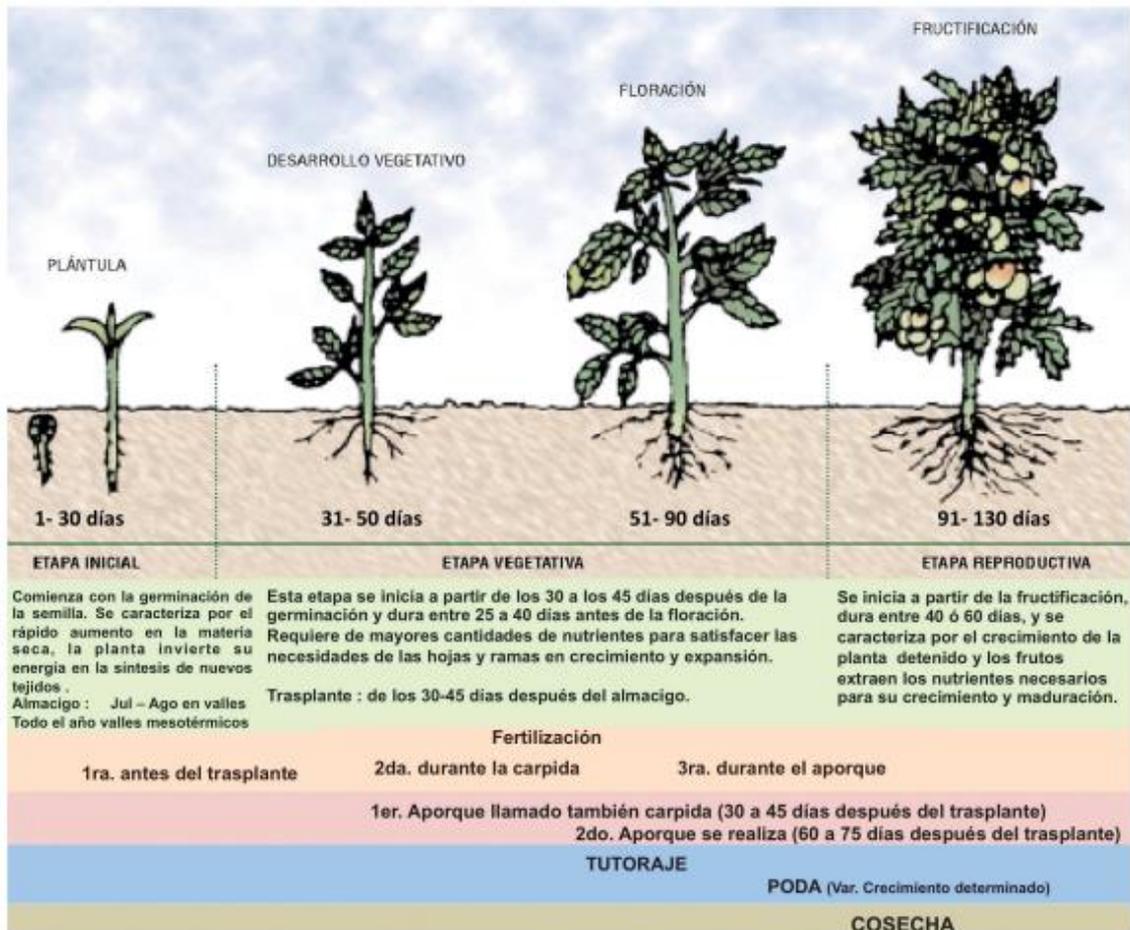
Hay una fuerte brotación de yemas axilares y se producen menor número de hojas (una o dos) entre los racimos florales. Se caracterizan por alcanzar una longitud máxima de dos metros y desarrollar una inflorescencia por cada hoja. En estas plantas la producción se maneja dejando varios tallos que se desarrollan simultáneamente. La mayoría de las variedades para tomate de procesamiento o industria tienen hábito de crecimiento determinado ya que su corta estatura facilita los procesos de cosecha mecanizada. Por lo general, las variedades de crecimiento determinado comienzan la

producción unos días antes que las plantas de crecimiento indeterminado, pero la duración del período de cosecha es más corto (López & Parrado, 2021).

1.2.7. Fenología del tomate

Figura 1.1

Estados fenológicos del tomate



Fuente: Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (2003) Etapas Fenológicas del cultivo de Tomate

1.2.8. Requerimientos edafoclimáticos

a) Temperatura

La temperatura óptima para el crecimiento es de 20-30°C durante el día y de 1-17°C durante la noche. Las temperaturas superiores a 30-35°C afectarán el resultado, ya que los huevos están poco desarrollados y toda la planta, especialmente el sistema radicular, está poco desarrollado. Las temperaturas inferiores a 12-15°C pueden causar problemas con el desarrollo de las plantas. Si la temperatura es superior a 25 °C y inferior a 12 °C, el fertilizante puede dañarse o perderse. La maduración del fruto está muy

influenciada por la temperatura en términos de precocidad y color, y el fruto se vuelve amarillo a temperaturas de alrededor de 10°C o superiores a 30°C. Sin embargo, los valores de temperatura indicados son sólo orientativos y se debe tener en cuenta la interacción de la temperatura con otros parámetros climáticos. (Díaz, 2007).

b) Humedad

La humedad relativa óptima está entre el 60% y el 80%. Una humedad relativa muy alta dificulta la fertilización porque promueve brotes de enfermedades transmitidas por el aire y dehiscencia de los frutos, compactando el polen y provocando que algunas flores se marchiten. El estallido de la fruta también puede ser causado por un exceso de humedad del suelo o por un exceso de riego después de un período de déficit hídrico. La baja humedad relativa dificulta que el polen se adhiera a los estigmas de las flores (Díaz, 2007).

c) Luminosidad

Una disminución de los valores de intensidad de la luz puede tener un efecto negativo en los procesos de floración y fertilización, desarrollo vegetativo de las plantas. La relación entre la temperatura y el brillo del día y la noche es importante durante los períodos críticos de la temporada de crecimiento. (Díaz, 2007).

d) Suelo

La tomatera no tiene grandes requerimientos de suelo aparte del drenaje, aunque prefiere un suelo suelto, de textura arcillosa silíceo y rico en materia orgánica. Sin embargo, crece bien en suelos arcillosos arenosos. En términos de pH, el pH del suelo puede cambiar de ligeramente ácido a ligeramente alcalino durante la molienda. Las especies cultivadas en invernaderos son las más resistentes a las condiciones de salinidad del suelo y del agua de riego. (Díaz, 2007).

1.2.9. Fertilización del tomate

Tabla 1.1

Nivel medio de nutrientes en el suelo para el cultivo de tomate

Nivel medio		
pH	De 5 a 6	
Acidez	De 0,3 a 1	cmol/l
Ca	De 4 a 6	cmol/l
Mg	De 1 a 3	cmol/l
K	De 0,2 a 0,5	cmol/l
P	De 12 a 20	mg/l
Cu	De 0,5 a 1	mg/l
Zn	De 2 a 3	mg/l
Mn	De 5 a 10	mg/l
Fe	De 5 a 10	mg/l
Fe/Mn	3	
Ca/Mg	De 2 a 5	
Ca/k	De 5 a 25	
Mg/K	De 2,5 a 15	
(Ca+Mg)/K	De 10 a 40	
MO		%

Fuente: INTA (2016). Manual técnico del cultivo de tomate

1.2.10. Rendimiento

García (1959) menciona que el cultivo de tomate alcanza rendimientos de hasta 50 toneladas por hectárea, esto cuando se realiza un abonamiento químico y estiércol.

Marotto (2006) señala que el rendimiento del cultivo de tomate de variedades de consumo fresco es de 40 toneladas por hectárea y en variedades más precoces alcanzan un rendimiento de 70 toneladas por hectárea; además menciona que el rendimiento en invernadero supera las 100 toneladas por hectárea.

1.3. El cacao

Desde un punto de vista técnico e industrial, el cacao es uno de los cultivos alimentarios de crecimiento lento. Quizás una de las razones de su tan pequeña población sea la naturaleza y la incompatibilidad genética. El elevado coste de la propagación

vegetativa ha llamado la atención de los principales centros de investigación y de la industria chocolatera, que busca tecnologías más adecuadas para lograr la propagación de plantas a gran escala y la calidad del producto final. En este sentido, algunos centros han comenzado a propagar el cacao mediante métodos de embriogénesis somática, tratando de lograr una producción a gran escala con alta madurez temprana y alto rendimiento en un tiempo relativamente corto. (Batista, 2009).

1.3.1. Producción nacional de cacao

El Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2020), señala que el Perú es considerado uno de los principales productores y comercializadores de cacao de calidad y aroma fino; además, de ser considerado el segundo productor orgánico de cacao a nivel mundial. Podemos mencionar también que el 60% de material genético de cacao se encuentra en nuestro País.

En el Perú, según la Cámara de Café y Cacao, producen tres variedades de cacao: Trinitario 53,3% (Junín), Forastero Amazónico 37,3% (Cusco y Ayacucho) y Criollo 9,4% (Nord San Martín, Amazonas y Cajamarca). La producción de cacao en grano del país ha crecido continuamente durante 10 años consecutivos con una tasa de crecimiento anual promedio del 12,6%. (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2020).

Tabla 1.2

Perú: Producción Regional de Cacao en grano

Departamentos	2015	2016	2017	2018	2019	2019*	2020
Perú	84814	107922	121825	134676	135928	79123	87516
San Martín	37319	45996	51440	56136	48391	28334	30131
Junín	15334	21400	21801	24755	25560	14963	15729
Ucayali	4201	8622	13245	16587	17031	8539	11921
Cusco	8048	10788	8707	8192	10091	7516	10374
Huánuco	5292	6491	8912	10392	13403	7003	7686
Ayacucho	4973	55444	5056	5113	5998	4364	3533
Pasco	1144	1338	1835	3881	4407	2662	2092
Amazonas	4718	4224	6352	5514	5108	2573	1968
Piura	768	658	599	1009	1438	872	1365
Cajamarca	1320	1001	996	955	1120	726	991
Otros Dptos.	1696	1858	2881	3141	3382	1570	1727

Fuente: (MINAGRI, 2020)

1.3.2. Residuos de cosecha del cacao

Según las investigaciones realizadas por Delgado (2018) en el proceso de cosecha y manejo post cosecha del cacao se genera subproductos, residuos de cosecha, que representan del 50% al 70% de peso húmedo; entonces se considera que estos residuos generan propiedades importantes para la planta.

Como se mostró en la tabla 2, la región Ayacucho se encuentra dentro de las 6 regiones productoras de cacao, lo cual hace que el interés en aprovechar estos subproductos de cosecha sea más relevante. Además, que en nuestro país no hay un plan de manejo integrado de residuos de cosecha de cacao, ya que en muchos casos en las asistencias técnicas que realizan distintas entidades relacionadas con la agricultura, sólo dan pautas o sugerencias para realizar un proceso de compostaje o eliminación de frutos enfermos, sin embargo, éstos no describen un procedimiento adecuado para el manejo de residuos.

Al no contar con un manejo adecuado de residuos de cosecha se corre el riesgo de tener incidencias de enfermedades que se relacionan con un manejo no adecuado, dentro de las enfermedades que se pueden presentar tenemos a la mazorca negra, moniliasis y fitóptora, que pueden afectar hasta un 90% de los frutos. Además, por el alto contenido de humedad de la cáscara (85%), facilitan la proliferación de bacterias y la reproducción de insectos (Ortiz & Álvarez, 2015)

1.4. Descripción de abonos orgánicos

1.4.1. Abonos orgánicos

Algunos de los principales desafíos que enfrenta la agricultura hoy en día son la degradación de los recursos naturales, principalmente la degradación de las tierras agrícolas, destacándose la erosión del suelo y la baja fertilidad química, debido principalmente al uso sistemático de fertilizantes químicos. Sustancias inorgánicas y otras materias primas sintéticas. (Jarquin & Huerta, 2017).

La simplificación de la flora y la fauna promovida por los sistemas de producción agrícola "modernos" está provocando desequilibrios biológicos y ecológicos cada vez más graves. Los ecosistemas, a diferencia de los monocultivos, promueven la diversidad y la integración de las actividades vegetales y animales, incluida la silvicultura.

(Andalucía Agroecología S.L., 2007). Una de alternativa para contribuir con la disminución de los efectos ambientales que conlleva esto es el uso de las prácticas agroecológicas, ya que éstas además de mejorar los recursos naturales tienen como objetivo principal la conservación y mejoramiento de éstos. Para SAGARPA (2007, citado en Harquín & Huerta, 2017), los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal, que una vez transformados por procesos biológicos las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes; mientras que el suelo con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas.

1.4.2. La lombricultura

Biotecnología que se realiza con la finalidad básica de obtener productos de gran importancia para el hombre; el humus y la harina de lombriz, el primero con el mejor fertilizante orgánico y la segunda como una excelente fuente proteica para la alimentación animal. La lombricultura intensiva es una actividad que se practica actualmente a nivel mundial, una técnica que acelera el proceso de descomposición de los residuos orgánicos que sirven de alimento a las lombrices. (Tineo, 1994). El vermicompostaje o lombricultura es un proceso biotecnológico simple de compostaje, en el que se utilizan ciertas especies de lombrices de tierra para mejorar el proceso de conversión de residuos y producir un mejor producto. El vermicompostaje se diferencia del compostaje en varios aspectos, ya que es un proceso mesofílico que utiliza microorganismos y lombrices de tierra que están activos entre 10 °C y 32 °C (no a temperatura ambiente, pero tienen temperatura dentro de la pila de material orgánico húmedo). El proceso es más rápido que el compostaje; debido a que el material pasa a través del intestino de la lombriz de tierra, se lleva a cabo una transformación significativa pero no completamente comprendida, por lo que el humus de lombriz resultante (estiércol de lombriz) es rico en actividad microbiana y reguladores del crecimiento de las plantas (Adhikary, 2012).

Según Sabine (1988, citado en Siles, 1997) la importancia de las lombrices radica en:

- Las lombrices reducen las características nocivas en los desechos orgánicos, como son los malos olores y las poblaciones de microorganismos dañinos para los seres humanos.
- Las especies domésticas alcanzan altas densidades en poco tiempo y son fáciles

de manejar en lechos o camas.

- Los subproductos son utilizados como fertilizantes orgánicos en el caso del lombricompuesto y se puede obtener harina de lombriz con altos contenidos de proteína para la alimentación animal y humana.

Díaz (2002), expone que la lombricultura, tiene un enfoque ecológico por el reciclaje que se realiza con los diferentes sustratos empleados en su alimentación; además, tiene un enfoque tecnológico por los fenómenos microbiológicos y químicos que ocurren en el proceso de fermentación de la alimentación de las lombrices a partir de materiales orgánicos; además de brindar una respuesta simple, racional y económica al problema ambiental.

a) Clasificación de la lombriz *Eisenia fetida*

Según Tineo (1994), dentro de las especies del Filum Anélida está *Eisenia fetida*, la cual es utilizada mayormente para el proceso de residuos orgánicos; conocida también como lombriz roja californiana, se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Animal

Phylum: Annelida

Clase: Oligochaeta (anillos con pocas cerdas)

Orden: Opisthosporos

Familia: Lumbricidae

Género: *Eisenia*

Especie: *Eisenia fétida*

b) Importancia del humus en la agricultura

Las sustancias húmicas son una buena fuente de energía para los organismos benéficos del suelo. Las sustancias húmicas y los compuestos no húmicos (orgánicos) proporcionan la energía y muchos de los requisitos minerales para los microorganismos del suelo y los animales del suelo (Pettit, 2004).

Según Tineo (1994), el humus y la materia orgánica desempeñan un papel importante, puesto que ayudan a corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. Influyendo de la siguiente manera:

- Incrementa la disponibilidad de N, P, S, fundamentalmente del N a través del lento proceso de mineralización.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder tampón.
- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactados.
- Reduce la erodabilidad de los suelos.
- Al existir las condiciones óptimas de aereación, permeabilidad, pH y otros, se incrementa la diversificación de la flora microbiana.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. Lugar del experimento

El trabajo de investigación fue realizado en dos lugares. La elaboración del lombricompost a base de mazorcas de cacao se realizó en los ambientes del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga.

La instalación y manejo del cultivo se realizó en el invernadero del área de suelos de la Escuela Profesional de Agronomía ubicado en la ciudad universitaria (UNSCH), a una altitud de 2792 m.s.n.m. encontrándose entre las coordenadas geográficas 13°08'38'' Latitud Sur y 74°13'17'' Longitud Oeste; provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho.

2.2. Condiciones climáticas

Tabla 2.1

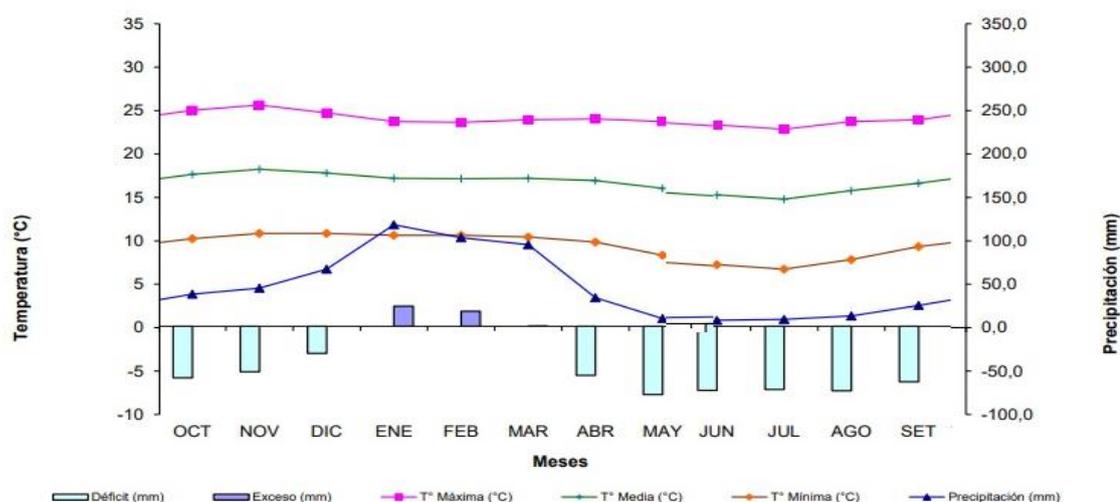
Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, mínimo, promedio), precipitación y balance hídrico. Estación meteorológica INIA-2735 msnm

Año Meses	2022				2023								Total	Prom
	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.		
T° Máxi (c°)	24.9	25.5	24.6	23.6	23.5	23.8	23.9	23.6	23.2	22.7	23.6	23.8	23.89	
T° Mínima (c°)	10.1	10.7	10.7	10.5	10.5	10.3	9.7	8.2	7.1	6.6	7.7	9.2	9.28	
T° Media (c°)	17.5	17.7	17.7	17.1	17	17.1	16.8	15.9	15.2	14.7	15.7	16.5	16.58	
Factor	4.96	4.96	4.96	4.96	4.48	4.96	4.8	4.96	4.8	4.96	4.96	4.8		
ETP (mm)	86.8	86.9	87.5	84.6	76.2	84.6	80.6	78.9	72.7	72.7	77.6	79.2	968.3	
Precipitación (mm)	37	44	66	117	102	94	33	9	7	8	12	24	553	
ETP Ajust. (mm)	96.3	96.4	97.2	93.9	84.5	93.9	89.5	87.5	80.7	80.7	86.2	87.9		
H del suelo (mm)	-59.3	-52.4	-31.2	23.1	17.5	0.1	-56.5	-78.5	-73.7	-72.7	-74.2	-63.9		
Déficit (mm)	-59.3	-52.4	-31.2				-56.5	-78.5	-73.7	-72.7	-74.2	-63.9		
Exceso (mm)				23.1	17.5	0.1								

Fuente: Estación meteorológica Estación Experimental Agraria Canaán-INIA

Figura 2.1

Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, mínima, promedio), precipitación y balance hídrico. Estación meteorológica INIA-2735 msnm



Fuente: Estación meteorológica Estación Experimental Agraria Canaán-INIA

2.3. Características del suelo

Para determinar las condiciones físico-químicas del suelo se realizó muestreo al azar empleando el método convencional, obteniendo una muestra representativa de 1 kg de suelo de Pampa del Arco. La muestra representativa se envió al Laboratorio de Suelos y Planta, Agua y Fertilizantes del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Tabla 2.2

Interpretación de los resultados de análisis de suelo de Pampa del Arco, Ayacucho, Huamanga, Ayacucho

Descripción	Valores	Unidad	Interpretación
pH	8.32		Moderadamente alcalino
C.E.	0.66	dS/m	Muy ligeramente salino
CaCO ₃	0.5	%	Bajo
MO	0.99	%	Muy bajo
P	14.4	ppm	Medio
K	174.6	ppm	Alto
CICe	22.8	Cmol(+)/kg	Medio
Nt	0.05	%	Bajo
Textura	Ar		Suelo arcilloso
Cationes Cambiables			
Ca ⁺⁺	6.72	Cmol(+)/kg	Medio
Mg ⁺⁺	4.88	Cmol(+)/kg	Alto
K ⁺	0.9	Cmol(+)/kg	Alto
Na ⁺	0.74	Cmol(+)/kg	Muy alto

Fuente: Análisis del suelo realizados por Laboratorio de Suelos y Planta, Agua y Fertilizantes del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2023.

Teniendo en cuenta los datos que se muestran en la tabla 2.2, el suelo muestra un pH de 8.32 lo que indica que es un suelo moderadamente alcalino; así mismo, se observa un contenido muy bajo de materia orgánica 0.99%, un contenido medio de fósforo y potasio en contenido alto.

2.4. Características del abono

2.4.1. *Lombricompost de cacao*

Tabla 2.3

Composición del lombricompost de cacao

Muestra	Lombricompost de cacao	
	Unidad	
pH		9.49
C.E.	dS/m	5.48
MO	%	22.77
Nt	%	1.43
P ₂ O ₅	%	1.79
K ₂ O	%	2.62
SO ₄	%	0.27
HH	%	12.11
CaO	%	16.10
MgO	%	2.53
Na	%	0.30
Fe	(ppm)	340.00
Cu	(ppm)	20.00
Zn	(ppm)	20.00
Mn	(ppm)	90.00

Fuente: Análisis de abono realizado por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes Multiservicios Agrolab, 2023.

Para extraer la muestra enviada al laboratorio, se tomó una cantidad de un kilo de cada poza de lombricompostaje después de realizar la cosecha, posteriormente con los 3 kilos de las muestras extraídas se llevó la cantidad de 1 kg al laboratorio para su respectivo análisis.

Teniendo en cuenta los datos mostrados en la tabla 2.3, observamos que el abono muestra un pH fuertemente alcalino, contenido de materia orgánica alta.

Tabla 2.4*Composición del lixiviado de lombricompost de cacao*

Muestra	Lixiviado de lombricompost de cacao	
	Unidad	
pH		12.35
C.E.	dS/m	27.60
N	(ppm)	336.00
P₂O₅	(ppm)	92.80
K₂O	(ppm)	1416.00
CaO	(ppm)	283.00
MgO	(ppm)	37.50
Na	(ppm)	4300.00
SO₄⁻²	(ppm)	151.20
Fe	(ppm)	505.00
Cu	(ppm)	2.00
Zn	(ppm)	10.00
Mn	(ppm)	136.50

Fuente: Análisis de abono realizado por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes Multiservicios Agrolab, 2023.

Para extraer la muestra enviada al laboratorio, se tomó una cantidad 250 ml de lixiviado de lombricompost, para su respectivo análisis. Teniendo en cuenta los datos mostrados en la tabla 2.4, se observa que el abono muestra un pH extremadamente alcalino.

2.5. Materiales

2.5.1. Colección de materiales para la preparación de lombricompost de cacao

Los materiales utilizados en la elaboración del lombricompost fueron residuos de cosecha de cacao (mazorcas) que fueron traídos de parcelas de producción de cacao del distrito de Sivia, ceniza de eucalipto y estiércol de cuy; en medidas de cinco, tres y cuatro unidades de sacos respectivamente. Éstos fueron llevados al Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para la elaboración del lombricompostaje.

2.5.2. Material genético utilizado

Para el presente trabajo se utilizó plantines de tomate variedad Río Grande, adquiridos de la plantinera Sierra Natural, ubicada en el centro poblado de Compañía del distrito de Pacaycasa, provincia de Huamanga. Se realizó la instalación de doce tratamientos con 3 repeticiones cada una, cada tratamiento con diferentes dosis de lombricompost sólido y lixiviado.

2.6. Factores de estudio

2.6.1. Niveles de lombricompost de mazorcas de cacao lixiviado (L)

- L₁: Sin lixiviado de lombricompost de mazorcas de cacao
- L₂: Lixiviado de lombricompost de mazorcas de cacao al 5 %
- L₃: Lixiviado de lombricompost de mazorcas de cacao al 10%

2.6.2. Niveles de lombricompost de mazorcas de cacao sólido (S)

- S₁: Sin lombricompost sólido de mazorcas de cacao
- S₂: Lombricompost sólido de mazorcas de cacao 5 t.ha⁻¹
- S₃: Lombricompost sólido de mazorcas de cacao 7.5 t.ha⁻¹
- S₄: Lombricompost sólido de mazorcas de cacao 10 t.ha⁻¹

2.7. Tratamientos

En la tabla 2.5 se muestra los 12 tratamientos aplicados. Donde se probó el efecto de la interacción de los niveles de lixiviado de lombricompost de mazorcas de cacao y niveles de lombricompost sólido de mazorcas de cacao.

Tabla 2.5

Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Código	Descripción
T ₁	L ₁ * S ₁	Sin lixiviado de lombricompost y sin lombricompost sólido
T ₂	L ₂ * S ₁	Sin lixiviado de lombricompost y lomb. sólido 2.5 t.ha ⁻¹
T ₃	L ₂ * S ₂	Sin lixiviado de lombricompost y lomb. sólido 5.0 t.ha ⁻¹
T ₄	L ₃ * S ₁	Sin lixiviado de lombricompost y lomb. sólido 7.5 t.ha ⁻¹
T ₅	L ₁ * S ₂	Lixiviado de lombricompost al 5% y lomb. sólido 2.5 t.ha ⁻¹
T ₆	L ₃ * S ₂	Lixiviado de lombricompost al 5% y lomb. sólido 5.0 t.ha ⁻¹
T ₇	L ₂ * S ₃	Lixiviado de lombricompost al 5% y lomb. sólido 7.5 t.ha ⁻¹
T ₈	L ₁ * S ₄	Sin lixiviado de lombricompost y lomb. sólido 7.5 t.ha ⁻¹
T ₉	L ₃ * S ₁	Lixiviado de lombricompost al 10% y lomb. sólido 2.5 t.ha ⁻¹
T ₁₀	L ₁ * S ₃	Lixiviado de lombricompost al 10% y lomb. sólido 5.0 t.ha ⁻¹
T ₁₁	L ₃ * S ₃	Lixiviado de lombricompost al 10% y lomb. sólido 5.0 t.ha ⁻¹
T ₁₂	L ₃ * S ₄	Lixiviado de lombricompost al 10% y lomb. sólido 7.5 t.ha ⁻¹

2.8. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental que se utilizó en el trabajo de investigación fue el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial 3L (Niveles de lixiviado de

lombricompost) X 4S (Niveles de lombricompost sólido), con tres repeticiones.

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} es una observación en la unidad experimental

μ es el promedio general

τ_i es el efecto de los tratamientos

ε_{ij} es el error experimental

En el análisis estadístico, los resultados cuantitativos se sometieron al Análisis de Variancia (ANVA) y la prueba de contraste Tukey (0.005) para poder ver la diferencia.

2.9. Características del diseño experimental

Tabla 2.6

Descripción de las características del diseño experimental

Descripción	Unidad
Peso de suelo/maceta	20 kg
Altura de maceta	40 cm

Fuente: Elaboración propia

2.10. Croquis del diseño experimental

I	T1	T11	T2	T10	T12	T3	T7	T4	T6	T8	T5	T9
II	T9	T5	T12	T1	T4	T2	T3	T6	T10	T7	T11	T8
III	T5	T12	T1	T11	T2	T4	T10	T8	T7	T9	T6	T3

2.11. Instalación y conducción del experimento

2.11.1. Instalación de lombricompost

La instalación y preparación del compost y posterior lombricompostaje de éste se realizó en el Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, iniciando la elaboración el 18 de octubre del 2022 al 26 de febrero del 2023.

2.11.2. Elaboración del compost y lombricompost

Con los materiales requeridos se procedió a la preparación del compost, los materiales fueron colocados en forma ordenada de capas, donde se dejó cubierto y se realizó el riego interdiario, pasado los 15 días se realizó el volteo de éste para facilitar la aireación, se realizó esta actividad de manera interdiaria hasta lograr que tenga una temperatura ambiente. Una vez que se obtuvo tener la temperatura deseada el volteo fue semanal hasta obtener el compost. El proceso de compostaje inició el 18 de octubre hasta el 28 de noviembre del 2022.

Una vez obtenido el compost en condiciones adecuadas para iniciar el proceso de lombricompostaje se procedió a trasladar el compost a las lombricomposteras, iniciando el proceso de lombricompostaje el 12 de noviembre del 2022 y culminando el 26 de febrero del 2023.

2.11.3. Instalación del cultivo

Previo al trasplante se realizó el primer abonamiento 05/03/2023, que consistió en aplicar el lombricompost en las medidas indicadas según los tratamientos que se establecieron de acuerdo al diseño experimental planteado. Posteriormente se realizó el trasplante de los plantines de tomate, con 25 días de almacigado; poniendo un plantín por unidad experimental (macetas de 0.027 m³ o 20 kg), el segundo abonamiento con el lixiviado en las dosificaciones planteadas en el diseño experimental, se realizó a los 40 días después del trasplante (15/03/2023).

2.11.4. Manejo del cultivo

En esta fase que tuvo una duración de 6 meses, consistió en el control de malezas presentes en el cultivo y riego oportuno de acuerdo a las necesidades del cultivo durante su ciclo de vida, para luego se procedió con la cosecha de frutos y evaluación del rendimiento.

a) Deshierbo

Esta actividad se realizó con el fin de eliminar las malezas y disminuir la competencia por nutrientes, iluminación y proliferación de enfermedades. Se realizó cada 15 días o de acuerdo a la incidencia de malezas.

b) Poda y tutorado

La poda es una actividad importante en el cultivo, se realiza con el fin de tener plantas adecuadamente nutridas, evitar el excesivo follaje y consecuentemente evitar la aparición de enfermedades.

Puesto que el tomate suele presentar un follaje denso fue necesario realizar la poda para favorecer a la aireación de la planta, contribuyendo también a prevenir la aparición de la Tuta absoluta (polilla del tomate) y permitir la correcta maduración de frutos.

El tutorado consistió en la colocación de un soporte de extremo a extremo con rafia para evitar que las plantas se dañen o quiebren con el peso de los frutos, esta actividad se hizo el 22/05/2023.

c) Control fitosanitario

A los 15 días del trasplante se aplicó con un insecticida casero elaborado con ajo 150g de ajo/20 l de agua, repitiendo la acción cada 15 días, esta acción se realizó dos veces con el fin de evitar la aparición de mosca blanca. A los 96 días de instalar el cultivo se observó síntomas producidos por *Phytophthora infestans* por lo que se realizó un control con un fungicida con base de azufre y cobre Vacomil-Plus 50 con una dosis de 20 ml./mochila. El control realizado fue medianamente efectivo puesto que más del 50% de plantas se encontraron infestadas.

2.11.5. Cosecha

Se realizó la cosecha del tomate cuando éstos alcanzaron su madurez de cosecha y tiendan a manifestar una coloración pintona. Se realizó hasta en 3 etapas iniciando con la primera cosecha el 27 de julio del 2023 y concluyendo a los 12 días del mes de julio (27/06/2023-12/07/2023). Para determinar el rendimiento de frutos por unidad experimental, se pesó y midió los frutos cosechados, primero obteniendo el peso general y luego clasificándolos de acuerdo al peso de fruto en categorías primera, segunda y tercera. Esta actividad se realizó durante la madurez de cosecha, cuando el 80% de frutos se encontraron en este estado; se recolectó en bolsas de papel previamente identificadas para proceder a tomar los datos requeridos en la investigación.

2.12. Métodos y criterios de evaluación

2.12.1. Evaluaciones agronómicas

Las evaluaciones de las variables e indicadores fueron las siguientes: caracteres de precocidad considerando los días después del trasplante (ddt) y rendimiento ($t. ha^{-1}$).

2.12.2. Caracteres de precocidad

a) Días a la floración, ddt

Se calculó el número de días desde el trasplante hasta que más del 50% de todas las plantas en cada tratamiento habían florecido.

b) Días al cuajado, ddt

Se contabilizó los días transcurridos desde el trasplante hasta el momento en que más del 50% de las plantas de cada unidad experimental presente el primer racimo con frutos cuajados.

c) Días a la primera cosecha, ddt

Se consideró el número de días desde el trasplante hasta el momento donde más del 50% de plantas de cada tratamiento presentaron los primeros frutos para la cosecha.

2.12.3. Rendimiento

a) Altura de la planta

Se evaluó la altura promedio por planta en cada unidad experimental. Se realizó 3 mediciones, una a los 20 días después del trasplante, a los 35 y 65 días. Realizando las mediciones desde el cuello hasta el extremo más alto del follaje, reportando el promedio de la altura alcanzada, se usó una cinta métrica para realizar las mediciones.

b) Número flores por racimo en planta

Durante la plena floración, se contabilizó el número total de racimos por planta escogidos aleatoriamente.

c) Número de racimos por planta

Se contabilizó número total de racimos por planta y se reportó promedio x planta.

d) Número de frutos por planta

Se contabilizó el número total de frutos comerciables por planta: todos los frutos maduros cosechados fueron contados.

e) Largo del fruto

Se tomó al azar 3 frutos comerciales por planta y se midió con la ayuda de un vernier el largo de fruto cosechado.

f) Diámetro de fruto

Se tomó al azar 3 frutos por planta y se midió el diámetro del fruto cosechado con ayuda de un vernier.

g) Rendimiento total de frutos/ha

Al realizar la cosecha del total de frutos maduros de las plantas de cada tratamiento, se realizó el pesado de frutos en una balanza calibrada, luego se llevó estos datos para obtener el rendimiento para una hectárea de cada unidad experimental.

h) Rendimiento de frutos de categoría primera en kg ha⁻¹

Se llevó un registro de los rendimientos obtenidos en cada una de las cosechas que se realizaron, separándolas por tratamiento. Se seleccionó los frutos de categoría primera con peso igual o mayor a 80 g y éstos fueron pesados en una balanza calibrada, posteriormente se procedió a estimar el rendimiento de frutos de primera categoría por hectárea.

i) Rendimiento de frutos de categoría segunda en kg ha⁻¹

Se llevó un registro de los rendimientos obtenidos en cada una de las cosechas que se realizaron, separándolas por tratamiento. Se seleccionó los frutos de categoría segunda con peso igual o mayor a 40 g y menor a los 80 g; éstos se pesaron en una balanza calibrada, posteriormente se procedió a estimar el rendimiento de frutos de segunda categoría por hectárea.

j) Rendimiento de frutos de categoría tercera en kg ha⁻¹

Se llevó un registro de los rendimientos obtenidos en cada una de las cosechas que se realizaron, separándolas por tratamiento. Se seleccionaron los frutos de categoría tercera con peso menor a los 40 g; éstos fueron pesados en una balanza calibrada, posteriormente se procedió a estimar el rendimiento de frutos de tercera categoría por hectárea.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracteres de precocidad

3.1.1. Días a la floración

Tabla 3.1

Análisis de variancia de días a la floración, ddt

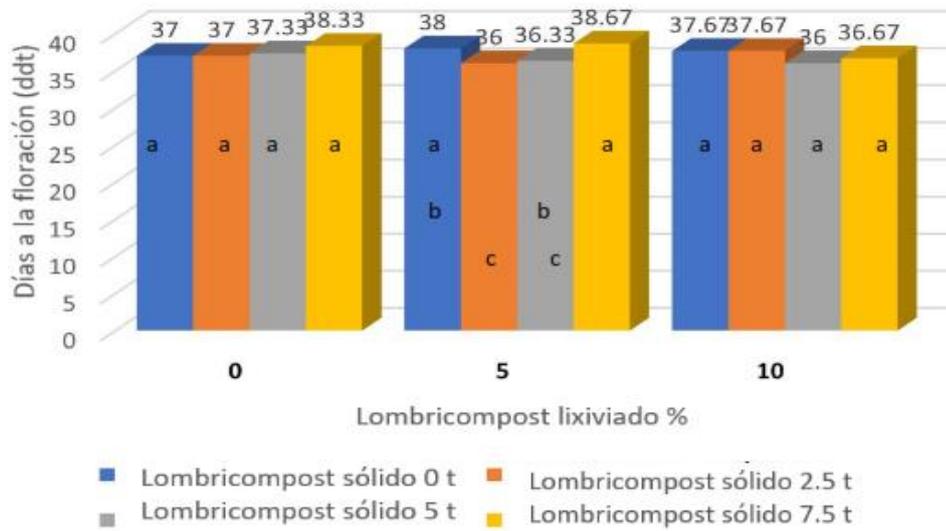
F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Tratamiento	11	25.56	2.32	3.52	0.00578**
Bloque	2	0.06	0.03	0.04	0.9591ns
Lombricompost sólido (S)	3	10.00	3.33	5.02	0.0084**
Lixiviado de Lombricompost (L)	2	1.06	0.53	0.79	0.4643ns
Lixiviado*Lombricompost (L*S)	6	14.50	2.42	3.64	0.0116*
Error	22	14.61	0.66		
Total	35	40.22			

CV (%) =2.19

En el análisis de variancia para los días (ddt) a la floración del tomate (tabla 3.1), se encontró diferencia altamente significativa en las fuentes de variación tratamientos, efectos principales del lombricompost; diferencia significativa en la interacción de lombricompost y lixiviado de lombricompost; no se encontró significancia para los efectos en las fuentes de variación de bloque y lixiviado de lombricompost. El coeficiente de variación fue de 2.19% lo que muestra que existe precisión y los resultados son confiables. El obtener no significancia en los bloques, nos muestra que existe homogeneidad entre las repeticiones.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de los días a la floración del tomate de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado



En la comparación de medias para días a la floración (ddt), se encontró que en el tratamiento 8 (5% de lixiviado con 7.5 t de lombricompost de cacao), resultó con mayor número de días hasta la etapa de floración, 38.67dds; sin embargo, no se muestra una clara diferencia estadística con el resto de los tratamientos. Se puede indicar que los días a la floración fluctúa en el rango de 36 a 38.67 días (Figura 3.1).

3.1.2. Días al cuajado

Tabla 3.2

Análisis de variancia de días al cuajado, ddt

F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Tratamiento	11	82.89	7.54	1.87	0.103ns
Bloque	2	2.39	1.19	0.30	0.7471ns
Lombricompost sólido (S)	3	30.89	10.3	2.55	0.0821ns
Lixiviado de lombricompost (L)	2	23.72	11.86	2.93	0.0742ns
Lixiviado*Lombricompost (L*S)	6	28.28	4.71	1.17	0.3597ns
Error	22	88.94	4.04		
Total	35	167.64			

CV (%) = 3.48

En el análisis de variancia para los días (ddt) al cuajado del tomate (Tabla 3.2), no se encontró ninguna diferencia significativa, lo que significa que los tratamientos realizados no influyeron en los días al cuajado del tomate. El coeficiente de variación fue de 3.48% lo que muestra que existe precisión y los resultados son confiables.

3.2. Variables de rendimiento

3.2.1. Altura de la planta a los 20, 35 y 65 días

Tabla 3.3

Análisis de variancia de altura de planta (cm)

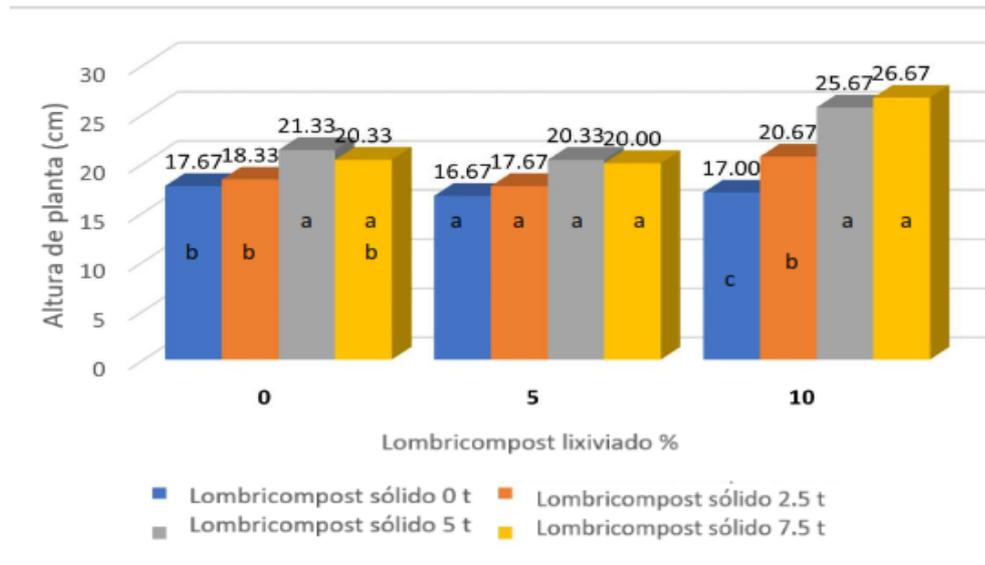
F.V.	GL	Cuadrados Medios		
		20 Días	35 Días	65 Días
Tratamiento	11	30.63**	25.99**	50.41ns
Bloque	2	2.53ns	3.44ns	10.03ns
Lombricompost sólido (S)	3	62.55**	54.41**	9.00ns
Lixiviado de lombricompost (L)	2	49.53**	44.78**	172.53**
Lixiviado 0%				
R. Lineal	1	3.75ns	5.40ns	48.60ns
R. cuadrático	1	30.08**	12.00*	27.00ns
R. cúbico	1	0.42ns	0.60ns	38.40ns
Lixiviado 5%				
R. Lineal	1	18.15**	0.02ns	0.07ns
R. cuadrático	1	168.75**	126.75**	56.33ns
R. cúbico	1	7.35*	2.82ns	0.27ns
Lixiviado 10%				
R. Lineal	1	775.76**	2064.27**	6952.76**
R. cuadrático	1	513.78**	1089.00**	2209.00**
R. cúbico	1	43.86**	104.02**	525.07**
Lixiviado*Lombricompost (L*S)	6	8.38**	5.52*	30.42ns
Error	22	1.26	1.69	25.79
Total	35			
CV %		5.55	4.34	9.75

La Tabla 3.3, muestra el análisis de variancia de la altura de plantas de tomate evaluados a los 20, 35 y 65 días. Para altura evaluado a los 20 y 35 días, se encontró diferencia significativa entre los tratamientos y todos los efectos principales, lo que significa que hubo una respuesta positiva en la altura de la planta a los tratamientos aplicados. Para la altura evaluado a los 65 días, no se encontró diferencia significativa, excepto para efectos de lixiviado (**), el cual tuvo respuesta positiva. Para la altura,

evaluados a los 20 ddt y 35 ddt, se estudiará los modelos de ecuaciones cuadráticos; mientras para la altura evaluado a los 65 ddt, solo se estudiará el modelo cubico de la regresión.

Figura 3.2

Prueba de Tukey de la diferencia de altura de planta a los 20 ddt de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado



En la Figura 3.2, según la comparación de medias para la altura evaluado a los 20 ddt, en los tratamientos 12 y 11 (10% de lixiviado de lombricompost con 7.5 y 5 tn.ha⁻¹ de lombricompost, respectivamente), se encontró mayor tamaño de la planta, 26.67 y 25.67 cm, respectivamente, los cuales resultaron distintos estadísticamente. Los de menor crecimiento fue con el tratamiento 5 (sólo 5% de lixiviado de lombricompost), 16.67cm.

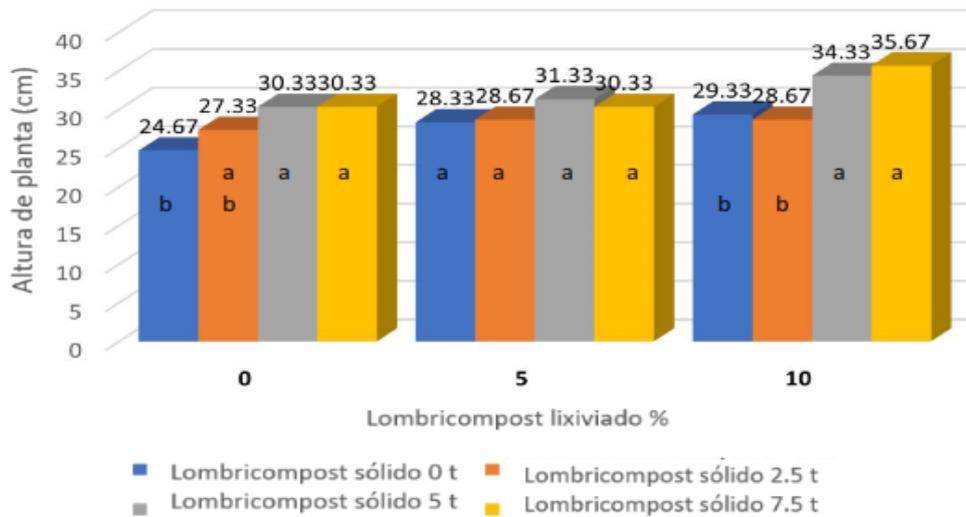
La altura de planta varía entre 26.67 y 16.67 cm; la respuesta significativa de la interacción (lombricompost + lixiviado), significa que estos actuaron de manera conjunta para el efecto en la altura de la planta (Figura 3.2).

Monzón (2016) en su trabajo de investigación evaluación del rendimiento de tomate de crecimiento indeterminado y variedades híbridas haciendo uso de abonos fermentados de gallinaza y cuyaza, obtuvo crecimiento de 21.07 cm en la variedad Rio Grande a los 20 días después del trasplante esto al utilizar abono orgánico fermentado de cuyaza aplicando una dosificación de 13.9 t/ha.

Al comparar los resultados obtenidos podemos afirmar que al realizar la aplicación de lombricompost de cacao sólido y lixiviado obtenemos resultados mayores en crecimiento de planta, y que el resultado obtenido por Monzón (2016) se asemeja a un abonamiento con 5 t de lombricompost.

Figura 3.3

Prueba de Tukey de la diferencia de altura de planta a los 35 ddt de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado



En la Figura 3.3, en la comparación de medias para altura evaluado a los 35 ddt, con los tratamientos 12 y 11 (10% de lixiviado con 7.5 y 5 t ha⁻¹ de lombricompost, respectivamente), se encontró mayor tamaño, 35.67 y 34.33 cm, respectivamente; los de menor crecimiento fueron el testigo que no tuvo la aplicación de ninguna fuente de abonamiento. La altura de planta varía entre 35.67 y 24.67 cm. la respuesta significativa de la interacción (lombricompost + lixiviado), significa que estos actuaron de manera conjunta para el efecto en la altura de la planta (Figura 3.3).

Qasim et al (2023) en la investigación que realizaron sobre la respuesta morfológica y fisiológica del tomate a la aplicación combinada de vermicompost y fertilizantes químicos obtuvo resultados significativos al hacer uso de fuentes de abono orgánico y tipos de vermicompostaje, donde obtuvo un aumento de tamaño de hasta un 168% respecto al tratamiento de control (N, P práctica de agricultores). Estos resultados ratifican el efecto del lombricompostaje en la altura de la planta. Esto por su alta concentración de nitrógeno, tal como se muestra en las Tabla 2.3 y Tabla 2.4.

Figura 3.4

Prueba de Tukey de la diferencia de altura de planta a los 65 ddt de los efectos principales de los niveles de lombricompost lixiviado y sólido

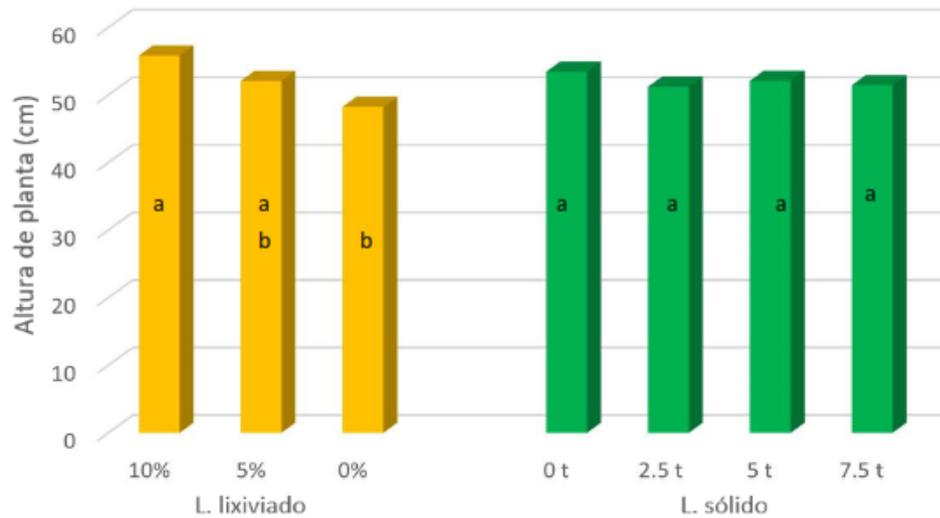
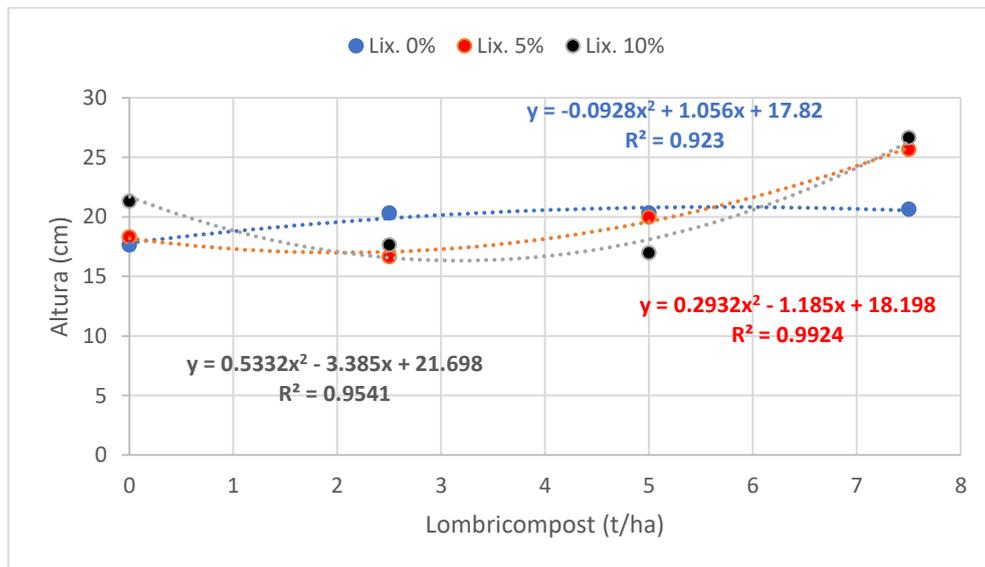


Figura 3.5

Influencia de los niveles de lombricompost, en tres niveles de lixiviado, en la altura de planta, a los 20 días después del trasplante

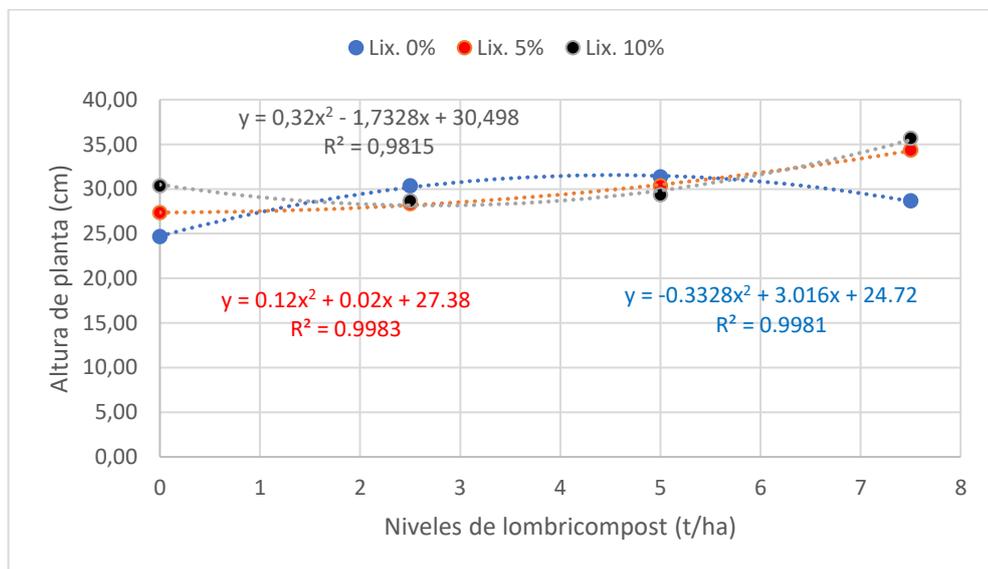


Según el análisis de varianza de los contrastes, para la altura de la planta a los 20 ddt, el modelo cuadrático resultó altamente significativo para todos los niveles de lixiviado (0, 5 y 10%). En la Figura 3.5, para altura a los 20 ddt, se denota una curva de tendencia cuadrática ($y = -0.0928x^2 + 1.056x + 17.82$) para lixiviado al 0%, con una correlación (0.9607) altamente significativa, es decir, que la altura de la planta y los

niveles de lombricompost están asociados en 96.07%. Según el modelo, se obtiene que el nivel óptimo hasta esta etapa de la altura de la planta es 5.7 t/ha de lombricompost, con lo cual se obtuvo 22.72cm de altura. La altura de la planta con el efecto de lixiviado al 5% y 10%, también resultaron de tendencia cuadrático ($y = 0.2932x^2 - 1.185x + 18.198$) y ($y = 0.5332x^2 - 3.385x + 21.698$), respectivamente. donde, según el modelo, tiene comportamiento de crecimiento continuo.

Figura 3.6

Influencia de los niveles de lombricompost, en tres niveles de lixiviado, en la altura de planta, a los 35 días después del trasplante



El modelo graficado para los tratamientos sin lixiviado, los niveles crecientes en la altura de planta obedecen a una respuesta cuadrática ($y = -0.3328x^2 + 3.016x + 24.72$) con un valor correlacional alto ($R = 0.991$), el cual muestra un punto de inflexión desde el nivel de lombricompost 4.53 t ha^{-1} . Los modelos de regresión los tratamientos con niveles de lixiviado 5% ($y = 0.12x^2 + 0.02x + 27.38$) y 10% ($y = 0.32x^2 - 1.7328x + 30.498$) se muestran cuadráticos con crecimiento continuo.

3.2.2. Número de flores por racimo en planta

Tabla 3.4

Análisis de variancia de número de flores por planta de tomate

F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Tratamiento	11	1.42	0.13	0.99	0.4820ns
Bloque	2	0.39	0.19	1.45	0.2555ns
Lombricompost sólido (S)	3	0.97	0.32	0.12	0.8416ns
Lixiviado de lombricompost (L)	2	0.06	0.03	0.21	0.8141ns
Lixiviado*Lombricompost (L*S)	6	0.39	0.06	0.48	0.8129ns
Error	22	2.94	0.13		
Total	35	3.89			

CV(%)=7.24

En el análisis de variancia para el número de flores por racimo del tomate (Tabla 3.4), no se encontró diferencia significativa para ninguno de las fuentes de variación, lo que nos muestra que los tratamientos realizados no influyeron en el número de flores por racimo. El coeficiente de variación fue de 7.24% lo que nos muestra que existe precisión entre las repeticiones de los tratamientos.

3.2.3. Número de racimos por planta

Tabla 3.5

Análisis de variancia de número de racimos por planta de tomate

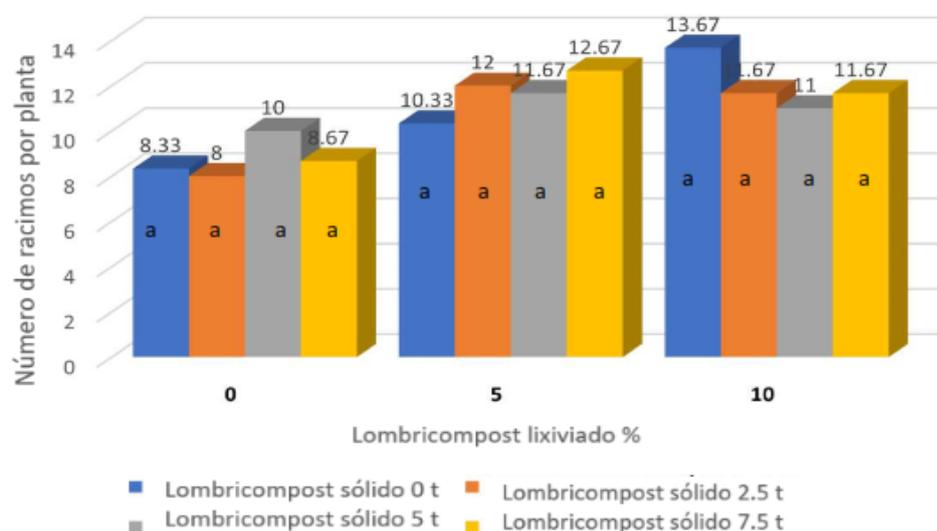
F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Tratamiento	11	104.3	9.48	3.54	0.005**
Bloque	2	4.39	2.19	0.82	0.4539ns
Lombricompost sólido (S)	3	0.97	0.32	0.12	0.9468ns
Lixiviado de lombricompost (L)	2	76.72	38.36	14.32	0.0001**
Lixiviado 0%					
R. Lineal	1	36.82	36.82	13.74	0.0012**
R. cuadrático	1	6.75	6.75	2.52	0.1267ns
R. cúbico	1	14.02	14.02	5.23	0.0322*
Lixiviado 5%					
R. Lineal	1	1.67	1.67	0.62	0.4387ns
R. cuadrático	1	0.33	0.33	0.12	0.7277ns
R. cúbico	1	1.67	1.67	0.62	0.4387ns
Lixiviado 10%					
R. Lineal	1	334.09	334.09	124.69	<0.0001**
R. cuadrático	1	152.11	152.11	56.77	<0.0001**
R. cúbico	1	35.53	35.53	13.26	0.0014**
Lixiviado*Lombricompost (L*S)	6	26.61	4.44	1.66	0.1794ns
Error	22	58.94	2.68		
Total	35	167.64			

CV(%)=15.15

La Tabla 3.5, muestra el análisis de variancia de número de racimo por planta de tomate, en la que solo se encontró diferencia significativa entre los tratamientos y para efecto principal de lixiviado, lo que significa que hubo una respuesta positiva al lixiviado aplicado. No se encontró diferencia significativa para fuentes de variación, lombricompost y la interacción (lixiviado x lombricompost). El obtener no significancia en los bloques, nos muestra que existe homogeneidad entre las repeticiones. Se encontró un coeficiente de variación de 15.15%, lo que nos muestra que existe precisión media y los resultados son confiables. Se estudiará modelo de regresión lineal para lixiviado al 0%; ningún modelo para lixiviado al 5% y modelo cuadrático para lixiviado al 10%.

Figura 3.7

Prueba de Tukey de los números de racimos por planta de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado



En la Figura 3.7, se muestra la comparación de medias del número de racimos por planta, en la que se obtuvo con el tratamiento 9 (10% de lixiviado de lombricompost) una mayor cantidad de racimos por planta (13.67 unidades); mientras, con el tratamiento 2 (2.5 tn de lombricompost) se encontró menor número de racimos, 8.0 unidades. Sin embargo, no se observa diferencia estadística entre los tratamientos, por lo que solo existe una diferencia numérica.

3.2.4. Número de frutos por planta

Tabla 3.6

Análisis de variancia de número de frutos por planta (u)

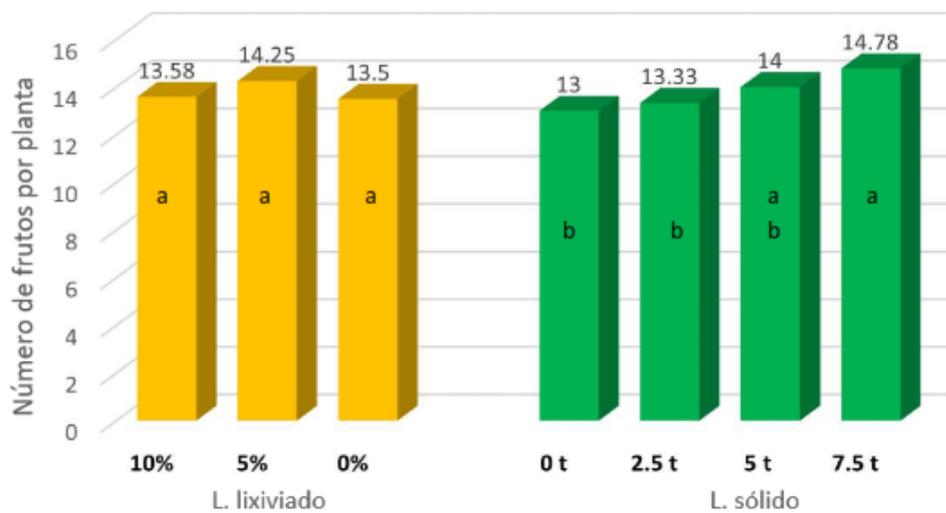
F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Tratamiento	13	22.22	1.71	1.26	0.0005**
Bloque	2	4.06	2.03	1.49	0.2473ns
Lombricompost sólido (S)	3	1.11	0.37	0.27	0.8448ns
Lixiviado de lombricompost (L)	2	18.72	9.36	6.88	0.0048**
Lixiviado*Lombricompost (L*S)	6	2.39	0.4	0.29	0.9341ns
Error	22	29.94	1.36		
Total	35	56.22			

CV(%)=8.47

En el análisis de variancia para el número de frutos por planta de tomate (tabla 3.6), se encontró diferencia altamente significativa en las fuentes de variación tratamientos, efectos principales del lixiviado de lombricompost; no se encontró significancia para los efectos en las fuentes de variación de bloque, lombricompost y la interacción del lixiviado con el lombricompost. El coeficiente de variación fue de 8.47% lo que nos muestra que existe precisión y los resultados son confiables. El obtener no significancia en los bloques, nos muestra que existe homogeneidad entre las repeticiones.

Figura 3.8

Prueba de Tukey del número de frutos por planta de los efectos principales de los niveles de lombricompost lixiviado y sólido



3.2.5. Longitud de fruto

Tabla 3.7

Análisis de variancia del largo de fruto (cm)

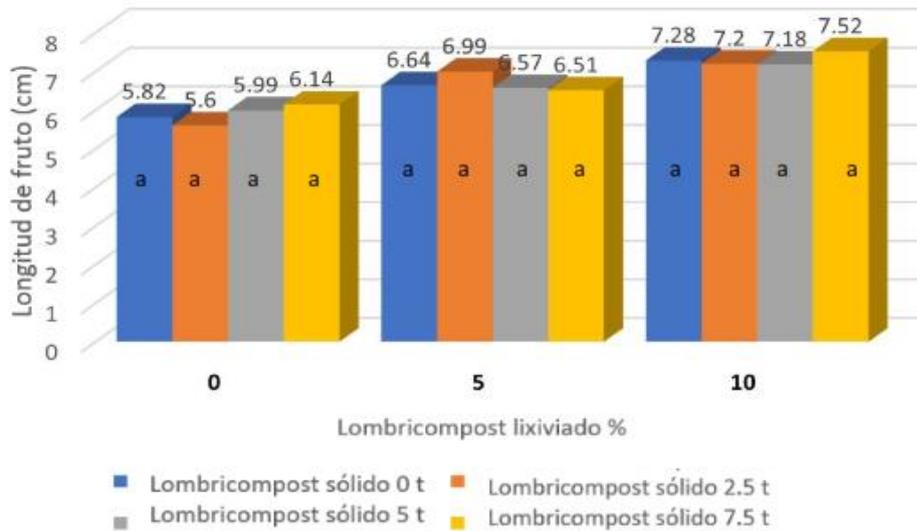
F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Tratamiento	11	13.04	1.19	8.47	<0.0001**
Bloque	2	1.05	0.53	3.82	0.0376*
Lombricompost sólido (S)	3	0.14	0.05	0.33	0.8055ns
Lixiviado de lombricompost (L)	2	11.91	5.96	43.23	<0.0001**
Lixiviado 0%					
R. Lineal	1	4.04	4.04	29.31	<0.0001**
R. cuadrático	1	0.42	0.42	3.02	0.0963ns
R. cúbico	1	0.22	0.22	1.60	0.2193ns
Lixiviado 5%					
R. Lineal	1	0.26	0.26	1.90	0.1816ns
R. cuadrático	1	0.55	0.55	3.99	0.584ns
R. cúbico	1	0.38	0.38	2.75	0.1114ns
Lixiviado 10%					
R. Lineal	1	120.53	120.53	874.73	<0.0001**
R. cuadrático	1	37.07	37.07	269.04	<0.0001**
R. cúbico	1	7.35	7.35	53.33	<0.0001**
Lixiviado*Lombricompost (L*S)	6	0.99	0.17	1.20	0.3426ns
Error	22	3.03	0.14		
Total	35	17.13			

CV(%)=5.61

La Tabla 3.7, muestra el análisis de variancia de longitud del fruto de tomate, en la que se encontró diferencia significativa entre los tratamientos y para efecto principal de lixiviado, lo que significa que hubo una respuesta positiva al lixiviado aplicado. No se encontró diferencia significativa para fuentes de variación, lombricompost y la interacción (lixiviado x lombricompost). Se encontró un coeficiente de variación de 5.61%, lo que nos muestra que existe precisión alta y los resultados son confiables. Se estudiará el modelo de regresión lineal para lixiviado al 0%; ningún modelo para lixiviado al 5% y modelo cuadrático para lixiviado al 10%.

Figura 3.9

Prueba de Tukey del largo de fruto de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado



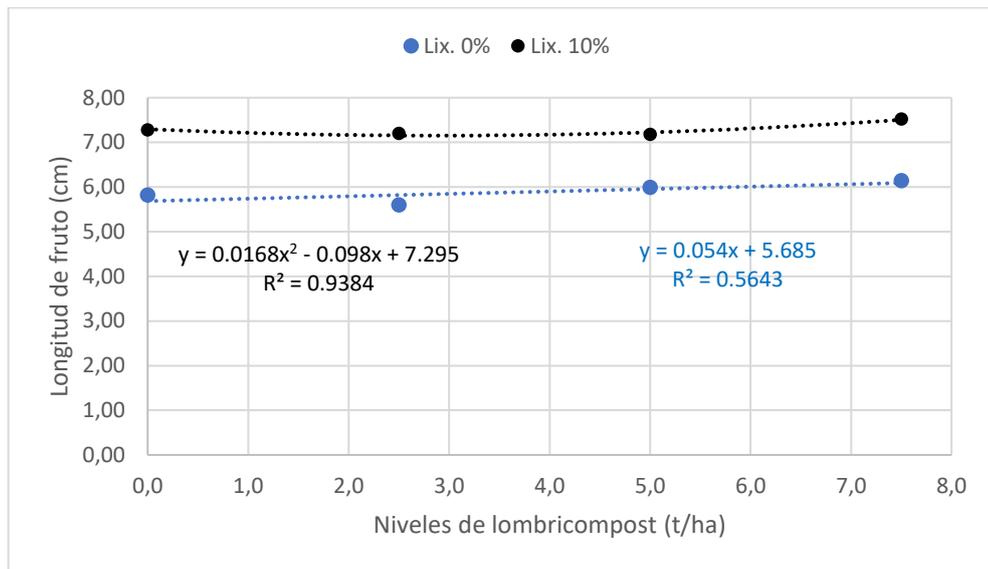
En la Figura 3.9, se muestra la comparación de medias de la longitud del fruto de tomate, en la que se obtuvo con el tratamiento 12 (10% de lixiviado de lombricompost + 7.5 t/ha lombricompost) una mayor longitud de fruto (7.52 cm); mientras, con el tratamiento 4 (lixiviado 0% + 7.5 tn de lombricompost) se encontró menor longitud, 6.14 cm. Sin embargo, no se observa una clara diferencia estadística para algún tratamiento en específico, por lo que solo existe una diferencia numérica.

Los resultados obtenidos por Qasim et al (2023) para la longitud del fruto fueron favorables con un abonamiento de vermicompostaje tipo 1 y 2 donde los frutos de tomate obtuvieron longitudes de 6.45 cm y 5.62 cm respectivamente, sin embargo se obtuvo longitudes altas al realizar abonamiento con dosis mínimas de NPK y abonamiento con vermicompostaje y se obtuvo longitudes de 7.51 cm.

Según Monzón (2016) en su trabajo obtuvo resultados al realizar un abonamiento orgánico de cuyaza obtuvo frutos con longitudes mayores a 8 cm y resultados con longitudes entre 6 y 8 cm con abonamiento fermentado de gallinaza. Podemos corroborar que los resultados que se obtuvo en la presente investigación se encuentran dentro de los resultados obtenidos en las distintas investigaciones realizadas.

Figura 3.10

Influencia de los niveles de lombricompost, en tres niveles de lixiviado, en la longitud del fruto.



En la Figura 3.10, para longitud de frutos, se denota una curva de tendencia cuadrática ($y = 0.0168x^2 - 0.098x + 7.295$) para lixiviado al 10%, con una correlación perfecta ($R = 0.969$) altamente significativa, es decir, que la longitud del fruto y los niveles de lombricompost están asociados en 96.9%. Según este modelo, la curva tiene una caída hasta el nivel 2.92 t.ha^{-1} de lombricompost, en la que alcanza una longitud de 7.15 cm, a partir de allí tiene un aumento creciente para los siguientes niveles. Esto significa que, los niveles menores que 2.92 t.ha^{-1} no tuvo efecto para este variable. Asimismo, la longitud del fruto con lixiviado al 0% tiene comportamiento lineal ($y = 0.054x + 5.685$), con una correlación significativo ($R = 0.751$). según este modelo lineal, el incremento de la longitud del fruto fue 0.054 cm por cada tonelada de lombricompost por hectárea, aplicada.

3.2.6. Diámetro ecuatorial de fruto

Tabla 3.8

Análisis de variancia del diámetro de fruto (cm)

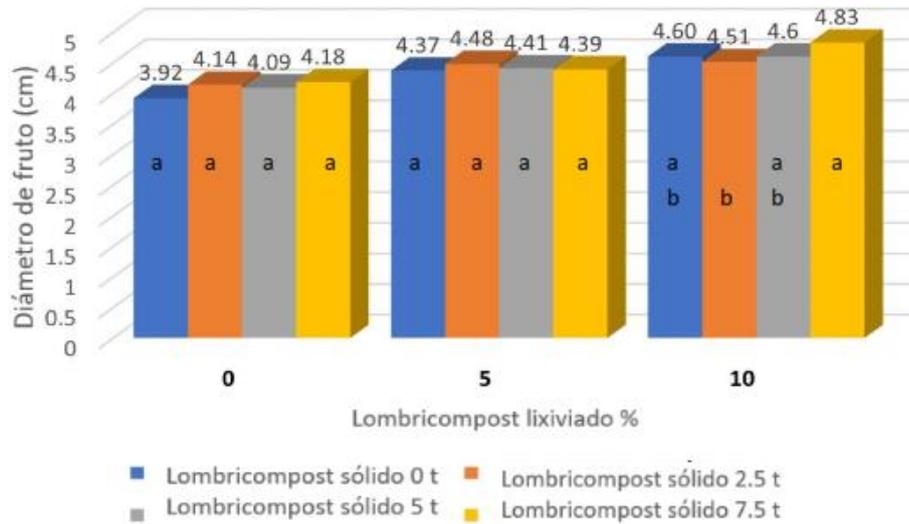
F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Tratamiento	11	2.3	0.21	5.23	0.00048**
Bloque	2	0.15	0.08	1.69	0.2077ns
Lombricompost sólido (S)	3	0.09	0.03	0.71	0.5571ns
Lixiviado de lombricompost (L)	2	2.00	1.00	22.37	<0.0001**
Lixiviado 0%					
R. Lineal	1	0.45	0.45	9.97	0.0046**
R. cuadrático	1	0.24	0.24	5.39	0.02998*
R. cúbico	1	0.01	0.01	0.26	0.6146ns
Lixiviado 5%.					
R. Lineal	1	0.01	0.01	0.13	0.7179ns
R. cuadrático	1	0.23	0.23	5.19	0.0328*
R. cúbico	1	0.11	0.11	2.40	0.136ns
Lixiviado 10%.					
R. Lineal	1	49.38	49.38	1106.01	<0.0001**
R. cuadrático	1	18.69	18.69	418.55	<0.0001**
R. cúbico	1	3.07	3.07	68.80	<0.0001**
Lixiviado*Lombricompost (L*S)	6	0.21	0.04	0.79	0.5868ns
Error	22	0.98	0.04		
Total	35	3.44			

CV(%)=4.82

La Tabla 3.8, muestra el análisis de variancia de diámetro ecuatorial del fruto de tomate, en la que se encontró diferencia significativa entre los tratamientos y para efecto principal de lombricomposta, lo que significa que hubo una respuesta positiva para el factor lombricompost aplicado. No se encontró diferencia significativa para el efecto principal lixiviado y la interacción (lixiviado x lombricompost). Se encontró un coeficiente de variación de 4.82%, lo que nos muestra que existe precisión alta y los resultados son confiables.

Figura 3.11

Prueba de Tukey del diámetro de fruto de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado



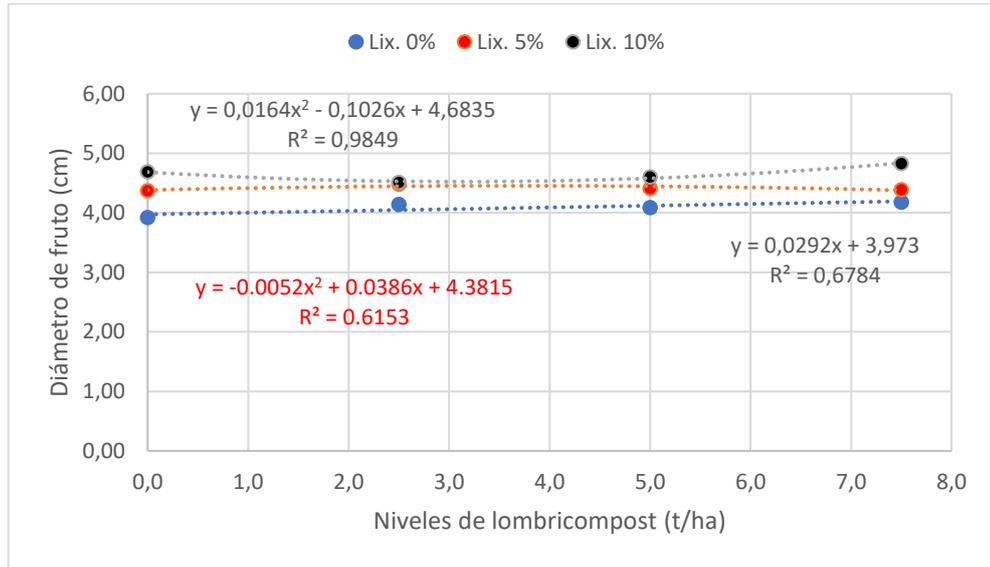
En la Figura 3.11, se muestra la comparación de medias de diámetro ecuatorial del fruto de tomate, en la que se obtuvo con el tratamiento 12 (10% de lixiviado de lombricompost + 7.5 t/ha lombricompost) un mayor diámetro de fruto (4.83 cm); mientras, con el tratamiento 1 (lixiviado 0% + 0 tn/ha de lombricompost) que fue el testigo, se encontró menor longitud, 3.92 cm. Sin embargo, no se observa una clara diferencia estadística para algún tratamiento en específico, por lo que solo existe una diferencia numérica.

Qasim et al (2023) al realizar una prueba con dos tipos de vermicompostaje se obtuvo diámetros de 4.15 cm y 3.76 cm, sin embargo, se obtuvo mayores diámetros con dosis complementadas con N, P, K, obteniendo valores de 5.85 cm y 5.45cm.

Según el trabajo de investigación realizado por Monzón (2016), obtuvo un porcentaje de frutos de calibre grueso (4.42 cm) y medianos (3.84 cm) al realizar abonamiento con abono orgánico fermentado de gallinaza. Con las investigaciones mencionadas ratificamos el resultado obtenido en la presente investigación ya que se encuentra dentro de los rangos que mencionan.

Figura 3.12

Influencia de los niveles de lombricompost, en tres niveles de lixiviado, en el diámetro del fruto



En la Figura 3.12, para diámetro de frutos, se denota una curva de tendencia lineal ($y = 0.0292x + 3.973$) para el tratamiento sin lombricompost lixiviado o al 0%, con una correlación ($R = 0.824$) altamente significativa, es decir, que el diámetro del fruto y los niveles de lombricompost están asociados en 82.4%. Según este modelo, la pendiente de la curva es 0.0292; es decir, que por cada unidad de lombricompost aplicado, el diámetro se incrementa en 0.0292 cm. Para el tratamiento con lombricompost lixiviado al 5%, la tendencia del modelo resultó cuadrático ($y = -0.0052x^2 + 0.0386x + 4.3815$), en la que, con un nivel de $3.71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de lombricompost se logra un diámetro máximo de 4.45 cm. Para lixiviado al 10%, el modelo resultante fue cuadrático ($y = 0.0164x^2 - 0.1026x + 4.6835$), lo que indica que, los niveles menores que $3.13 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de lombricompost no tuvo efecto en el diámetro del fruto, y que a partir de $3.13 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ hay un incremento ligero del diámetro.

3.2.7. Rendimiento total de frutos

Tabla 3.9

Análisis de variancia del rendimiento total de frutos (g.)

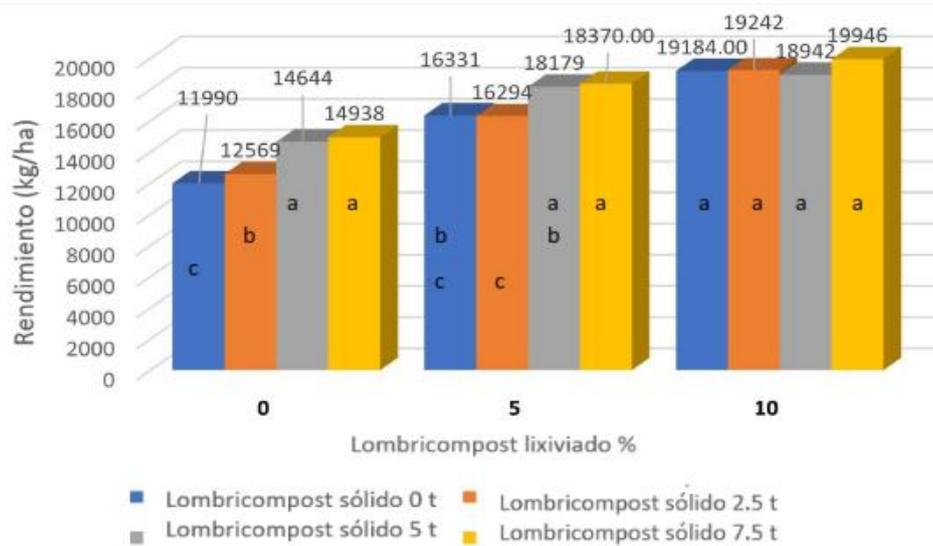
F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Tratamiento	11	481435.23	43,766.84	74.70	<0.0001**
Bloque	2	558.22	279.11	0.48	0.6273ns
Lombricompost sólido (S)	3	46849.89	15616.63	26.65	<0.0001**
Lixiviado de lombricompost (L)	2	413775.06	206887.53	353.09	<0.0001**
Lixiviado 0%					
R. Lineal	1	114406.67	114406.67	195.26	<0.0001**
R. cuadrático	1	9520.33	9520.33	16.25	0.0006**
R. cúbico	1	9126.67	9126.67	15.58	0.0007**
Lixiviado 5%					
R. Lineal	1	23443.27	23443.27	40.01	<0.0001**
R. cuadrático	1	15265.33	15265.33	26.05	<0.0001**
R. cúbico	1	2829.07	2829.07	4.83	0.0388*
Lixiviado 10%					
R. Lineal	1	1313208.76	1313208.76	2241.24	<0.0001**
R. cuadrático	1	882973.44	882973.44	1506.96	<0.0001**
R. cúbico	1	107120.02	107120.02	182.82	<0.0001**
Lixiviado*Lombricompost (L*S)	6	20810.28	3468.38	5.92	0.0008**
Error	22	12890.44	585.93		
Total	35	494883.89			

CV(%)=3.18

En el análisis de variancia para el rendimiento total de frutos de tomate (g) (Tabla 3.9), muestra evidencia que existe diferencia significativa en las fuentes de variación, entre los tratamientos, lixiviado de lombricompost, lombricompost y la interacción. Esto significa que los tratamientos aplicados tuvieron efecto en cuanto al rendimiento de tomate. Inclusive, todos los modelos de regresión resultaron altamente significativas y para los 3 niveles de lixiviado, pero solamente se estudiará los modelos cuadráticos para 5 y 10 % de lixiviado y lineal para 0% de lixiviado.

Figura 3.13

Prueba de Tukey del rendimiento total de frutos de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado



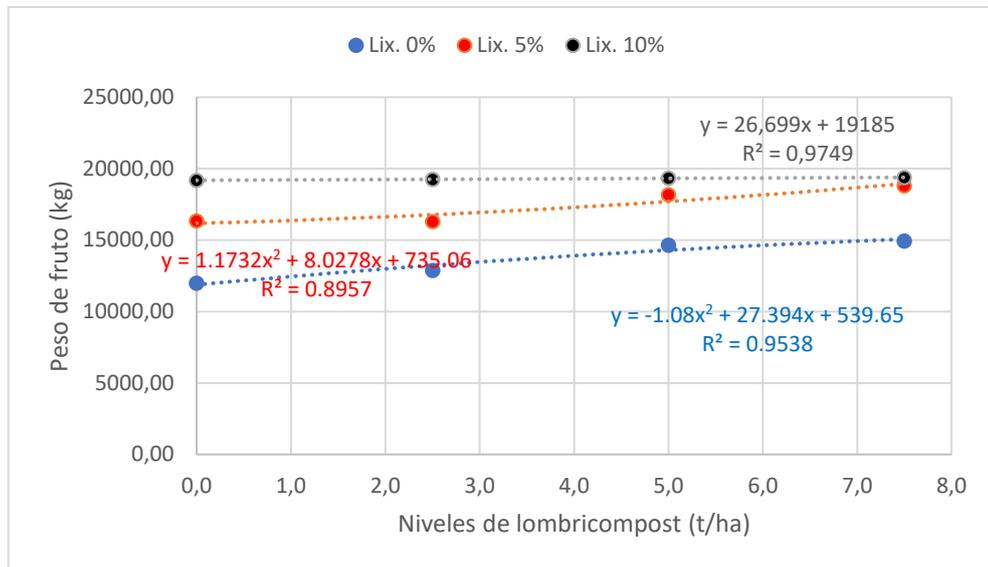
En la Figura 3.13, se muestra la comparación de medias de rendimiento de frutos de tomate, en la que se obtuvo con el tratamiento 12 (10% de lixiviado de lombricompost + 7.5 t.ha⁻¹ lombricompost) un mayor que el resto de los tratamientos (19946 kg); mientras, con el tratamiento 1 (lixiviado 0% + 0 tn.ha⁻¹ de lombricompost) que fue el testigo, se encontró menor rendimiento, 11990.00 kg. Sin embargo, no se observa una clara diferencia estadística para algún tratamiento en específico, por lo que solo existe una diferencia numérica.

Según Monzón (2016) en la variedad Río Grande obtuvo rendimientos de 27 644 kg.ha⁻¹ aplicando un abonamiento de 13 t.ha⁻¹ de abono orgánico fermentado.

En la presente investigación se obtuvo un rendimiento de 19 946 kg.ha⁻¹ al realizar un abonamiento con 7.5 t de lombricompost y 10% de lixiviado.

Figura 3.14

Influencia de los niveles de lombricompost, en tres niveles de lixiviado, en el rendimiento total de frutos



En la Figura 3.14, para el rendimiento de frutos, se denota una curva de tendencia lineal ($y = 26.699x + 19185$) para lixiviado al 10%, con una correlación ($R = 0.987$) altamente significativa, es decir, que el rendimiento del fruto y los niveles de lombricompost están asociados en 98.7%. Según este modelo, la pendiente de la curva es 26.699; es decir, que por cada unidad de lombricompost aplicado, el rendimiento se incrementa en 26.6 kg. Para lixiviado al 5%, la tendencia del modelo resultó cuadrático ($y = 1.1732x^2 + 8.0278x + 735.06$), en la que se observa un coeficiente positivo (1.1732) del grado cuadrático, lo cual significa crecimiento de rendimiento continuo. Para lixiviado al 0%, el modelo resultante fue cuadrático ($y = -1.08x^2 + 27.394x + 539.65$), lo que indica que, a partir del nivel 12.7 t/ha de lombricompost, alcanzará el rendimiento máximo, 713.35 g. Según este modelo, los niveles de lombricompost y rendimiento están asociados en 97.7%.

3.2.8. Rendimiento de frutos de categoría primera, segunda y tercera

Tabla 3.10

Análisis de variancia del rendimiento de frutos categoría primera, segunda y tercera

F.V.	GL	Cuadrados Medios		
		Primera	Segunda	Tercera
Bloque	2	5835.53ns	9269.36ns	4108ns
Lombricompost sólido (S)	3	6986.32ns	47206.47*	4115.66ns
Lixiviado de lombricompost (L)	2	142663.44**	45747.03*	2890.75ns
Lixiviado*Lombricompost (L*S)	6	19243.3ns	45483.92**	7658.05ns
Error	22	11917.92	11881.06	2515.55
Total	35			
CV %		71.11	21.37	52.02

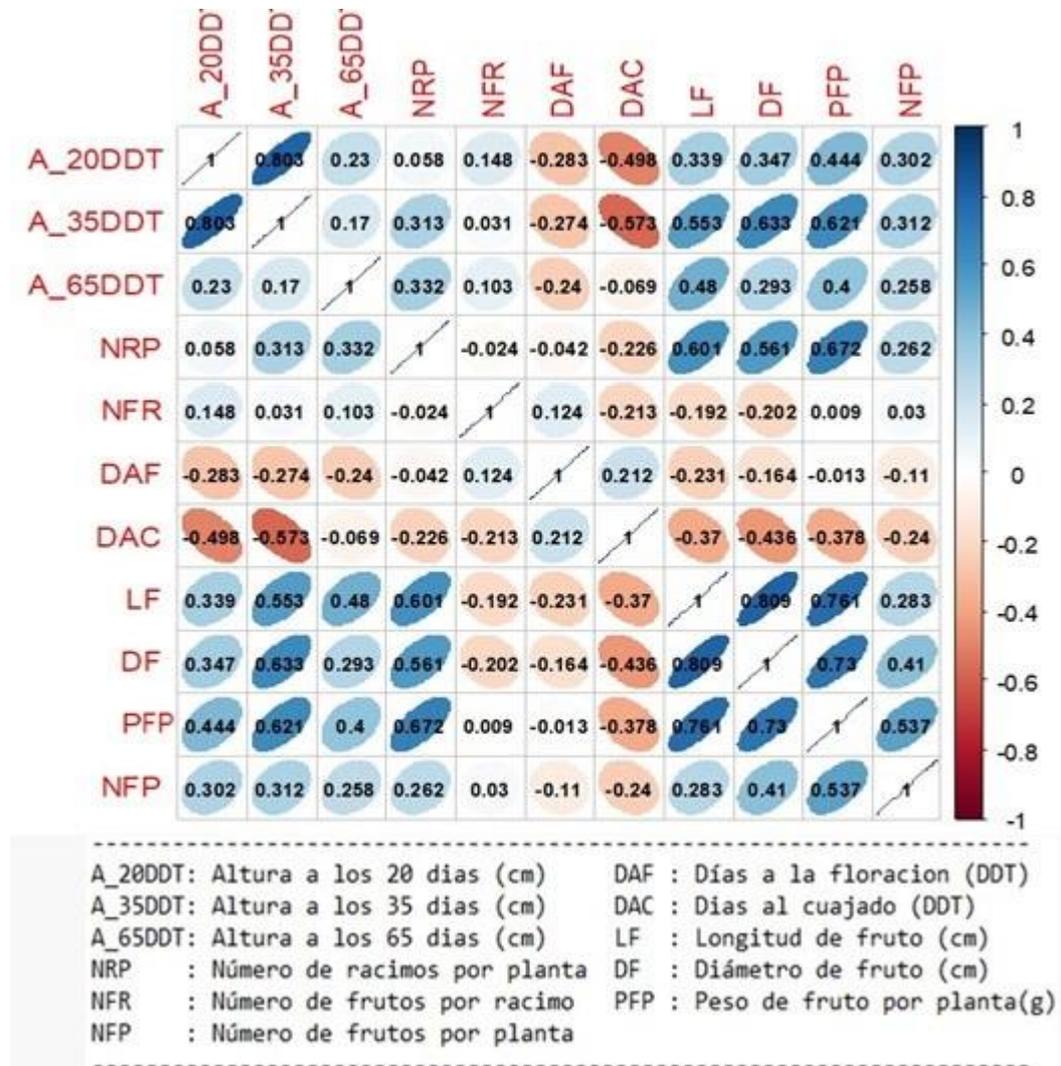
En el análisis de variancia para el rendimiento de frutos de tomate clasificados en categoría primera, segunda y tercera, muestra evidencia de diferencia significativa en la categoría primera y segunda para la aplicación de lixiviado de lombricompost, lo que nos indica que la aplicación de ésta del lixiviado tuvo efecto en el rendimiento de frutos de categoría primer y segunda. También el análisis de variancia refleja que la interacción del lixiviado y lombricompost presentan evidencia altamente significativa, esto nos muestra que la interacción tiene un efecto en el rendimiento de frutos de categoría segunda.

Obtenemos valores altos de coeficiente de variancia por el alto grado de variabilidad que se da al no encontrar datos de frutos que pertenezcan a la categoría primera o tercera.

3.3. Correlación de las variables

Tabla 3.11

Correlación lineal de las 10 variables cuantitativas, evaluados en tomate con niveles de lombricompost, de cacao, sólido y lixiviado, Ayacucho, 2023



En la Tabla 3.11, el coeficiente de correlación general para las 10 variables cuantitativas evaluadas, en la que se aprecia una correlación positiva de 0.672 entre número de racimos por planta (NRP) y peso de fruto (PF); es decir, que en el rendimiento de tomate si influye la cantidad de número de racimos de la planta, en 67%. De la misma forma, se muestra una correlación positiva de 0.81 y 0.76 entre longitud de fruto y diámetro de fruto y peso de fruto, respectivamente; significa que, los frutos de mayor longitud tuvieron mayor diámetro y peso, en 80.9% y 76%, respectivamente. Asimismo, el diámetro de fruto influye en el peso del fruto en $0.73 = 73\%$.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se condujo el presente trabajo y con los resultados obtenidos se arribó a las siguientes conclusiones:

1. La aplicación de lombricompost sólido y lixiviado no tuvieron influencia en los caracteres de precocidad evaluados en la presente investigación, sin embargo, se obtuvo resultados positivos en las variables de rendimiento; en el crecimiento del cultivo a los 20, 35 y 65 días se obtuvo un incremento del 50.9% respecto al testigo, en la variable longitud de fruto el abonamiento del lombricompost sólido y lixiviado muestra un incremento de 29.2% respecto al tratamiento testigo (sin abonamiento). En la evaluación del diámetro ecuatorial se obtuvo un crecimiento mayor en 23% respecto al testigo. Y en el rendimiento de frutos al aplicar abonamiento de lombricompost sólido y lixiviado se obtuvo un rendimiento mayor de 63% en comparación del testigo (sin abonamiento).
2. La aplicación de dosis de 5 y 7.5 t de lombricompost sólido, muestra que hay influencia positiva en el crecimiento de tomate, obtenido respuesta significativa respecto al tratamiento testigo (sin abonamiento). Obtenemos un crecimiento mayor de 22.9% respecto al testigo. La aplicación únicamente de lixiviado de lombricompost a una concentración de 10% muestra una influencia significativa en la longitud y diámetro de fruto, con incrementos correspondientes mayores de 25% y 19.6% respecto al testigo.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones obtenidas en el presente trabajo, se plantea las siguientes recomendaciones:

1. Para mejorar e incrementar el rendimiento del cultivo de tomate y reducir la aplicación de fertilizantes químicos y consecuentemente reducir la contaminación ambiental, se recomienda aplicar en conjunto dosis de abonamiento de lombricompost elaborado con mazorcas de cacao en niveles de 5 y 7,5 t.ha⁻¹ y lixiviado de lombricompost en niveles de 5 y 10 % , al realizar este abonamiento obtendríamos valores esperados al realizar una producción de tomates orgánicos bajo invernadero.
2. Incentivar a la elaboración, uso y aplicación de abonos orgánicos que se pueden elaborar con materiales existentes en la zona, de esta manera se disminuye el uso de productos químicos y se promueve la conservación del recurso suelo, además de ofrecer un producto final saludable.
3. Realizar investigaciones similares realizando la investigación desde el uso de semillas para no tener variabilidad genética en las plantas; además realizar investigaciones utilizando distintas dosis de abonamiento y otros cultivos, todo ello con la finalidad de mejorar y comparar para lograr mejores resultados y dar un uso aprovechable a los diferentes tipos de residuos generados en la producción de cacao.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adhikary, S. (2012). Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural Sciences*, 03(07), 905–917. <https://doi.org/10.4236/as.2012.37110>
- Andalucía Agroecología S.L. (2007). Manual Básico de Agricultura Ecológica. *Junta de Andalucía*, 2005, 1–91.
- Arce, P. G. (2013). Distribución geográfica de los “ tomates silvestres ” (*Solanum L . sect . Lycopersicon (Mill .) Wettst .: Solanaceae)* Geographical distribution of wild tomatos (*Solanum L . sect . Lycopersicon (Mill .) Wettst .* *Arnaldoa*, 20(2), 301–314.
- Ávila, J., & Beltrán, B. (2007). Tomate *Lycopersicon Esculentum mill.* *Fundacion Española de La Nutrición*, 211–212. <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/tomate.pdf>
- Bailón Rojas, M. R., & Florida Rofner, N. (2021). Caracterización y calidad de los compost producidos y comercializados en Rupa Rupa-Huánuco. *Enfoque UTE*, 12(1), 1–11. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.644>
- Batista, L. (2009). El Cultivo de Cacao. In *Centro Para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF)*. Centro Para el Desarrollo Agropecuario y Forestal. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13690>
- Brouwer, C., & Elliott, M. (2006). El Tomate, sus Datos e Historia. *Texas Cooperative Extension*, 1, 2. <http://harris-tx.tamu.edu/hort>
- Delgado Gutierrez, N. (2018). *Plan de manejo integral de residuos derivados de la extracción de la pulpa de cacao en la hacienda Bellavista, Luz de América, provincia de Azuay-Ecuador.* [https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30454/1/Trabajo de titulación.pdf](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30454/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf)
- Díaz, C. (2007). Agrocadena de tomate. *Ministerios de Agricultura y Ganadería*, 1(1), 1–80. www.mag.go.cr
- Honles, J., Clisson, C., Monge, C., Vásquez-Ocmín, P., Cerapio, J. P., Palamy, S., Casavilca-Zambrano, S., Herrera, J., Pineau, P., Deharo, E., Peynet, V., & Bertani, S. (2022). Exposure assessment of 170 pesticide ingredients and derivative metabolites in people from the Central Andes of Peru. *Scientific Reports*, 12(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17772-1>
- Jaramillo Noreña, J., Rodríguez Patricia, V., Gil Vallejo, L., García Muñoz, M., Climaco

- Hilo, J., Quevedo Garzón, D., Sánchez León, G., Aguilar Aguilar, P., Pinzón Perdomo, L., Zapata Cuartas, M., Felipe Restrepo, J., & Guzman Arroyave, M. (2013). Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. In *Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas* (Corpoica). <https://doi.org/10.21930/978-958-740-120-2>
- López Marín, L. M. (2016). Manual técnico del cultivo de tomate. In *Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA)*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf><http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf><http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3143/1/BVE17079148e.pdf><http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3143/1/BVE17079148e.pdf><http://www.inta.go.cr><http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3143/1/BVE17079148e.pdf>
- López, H., & Parrado, C. A. (2021). Producción De Tomate Bajo Invernadero. In *Buenas prácticas agrícolas en sistemas de producción de tomate bajo invernadero*. <https://doi.org/10.2307/j.ctv23dxc51.6>
- MINAGRI. (2020). COMMODITIES 2020 - CACAO. *Ministerio de Agricultura y Riego*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1026014/Commodities_arroz_abr-jun_2020.pdf
- Ministerio del Ambiente; Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales; Dirección General de Diversidad Biológica; Dirección de Recursos Genéticos y Bioseguridad. (2020). *Línea De Base De La Diversidad Del Tomate Peruano Con Fines De Bioseguridad*. 131. https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/01/libro_tomate_peruano.pdf
- Monzón Sequeiros, C. A. (2016). “Evaluación del rendimiento de tomate de crecimiento indeterminado (*Lycopersicon esculentum* Mill) de variedades híbridos utilizando abonos fermentados de gallinaza y cuyaza- Abancay”. Universidad Tecnológica de los Andes.
- Ortiz Valbuena, K. L., & Álvarez León, R. (2015). EFFECT OF DUMPING OF BENEFIT PRODUCTS CACAO (*Theobroma cacao* L.) ON SOME CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES IN SOILS OF A COCOA FARM, CITY OF YAGUARA (HUILA, COLOMBIA). *Boletín Científico Del Centro de Museos*, 19(1), 65–84. <https://doi.org/10.17151/bccm.2015.19.1.5>
- Pettit E. Robert. (2004). Humates General Info. *Emeritus Associate Professor Texas*

A&M University.

- Qasim, M., Ju, J., Zhao, H., Bhatti, S. M., Saleem, G., Memon, S. P., Ali, S., Younas, M. U., Rajput, N., & Jamali, Z. H. (2023). Morphological and Physiological Response of Tomato to Sole and Combined Application of Vermicompost and Chemical Fertilizers. *Agronomy*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy13061508>
- Ramón Jarquín Gálvez; Arturo Huerta de la Peña. (2017). *AGRICULTURA SOSTENIBLE como base para los agronegocios* (Universida). Universidad Autonoma de San Luis de Potosi. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Rothan, C., Diouf, I., & Causse, M. (2019). Trait discovery and editing in tomato. *Plant Journal*, 97(1), 73–90. <https://doi.org/10.1111/tpj.14152>
- Sailema Castro, R. I. (2021). *Abono orgánico a base de cascarilla de cacao para la productividad del cultivo de pimiento (Capsicum annum)*. 90. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SAILEMA CASTRO RONNY IVAN.pdf>
- Siles Calvo, J. (1997). *Producción de abono orgánico con pulpa de café mediante el lombricompostaje*. Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Somarriba Reyes, R. J., & Guzmán Guillén, F. (2002). Guía de lombricultura. *Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior Municipio Capital de La Rioja*, 4.
- Tineo Bermúdez, A. L. (1994). *Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/1029/Crianza_y_manejo_de_lombrices_de_tierra.pdf?sequence=1

ANEXOS

Anexo 1. Datos de campo, tomados durante las evaluaciones para cada una de las variables propuestas en tomate, en condiciones de invernadero, Pampa de Arco, Ayacucho, 2023

				Longitud de tallo (cm)			N° de	N° de	N° de
							rac/plan	flor/rac	frut/plan
I	L0	S0	T1	18	26	48	9	4	13
II	L0	S0	T1	18	24	53	12	6	14
III	L0	S0	T1	17	24	58	11	5	12
I	L0	S2.5	T2	18	28	48	11	5	13
II	L0	S2.5	T2	19	29	41	7	5	15
III	L0	S2.5	T2	18	25	50	8	5	10
I	L0	S5	T3	22	31	40	12	5	12
II	L0	S5	T3	22	30	50	9	5	15
III	L0	S5	T3	20	30	55	10	5	13
I	L0	S7.5	T4	21	30	45	8	5	13
II	L0	S7.5	T4	19	32	44	9	5	12
III	L0	S7.5	T4	21	29	47	9	6	12
I	L5	S0	T5	16	26	60	10	5	13
II	L5	S0	T5	17	29	52	11	5	15
III	L5	S0	T5	17	30	50	10	5	13
I	L5	S2.5	T6	19	28	59	12	5	15
II	L5	S2.5	T6	18	30	52	14	5	13
III	L5	S2.5	T6	16	28	50	10	5	14
I	L5	S5	T7	22	33	56	8	5	12
II	L5	S5	T7	21	30	43	12	5	15
III	L5	S5	T7	18	31	50	11	5	15
I	L5	S7.5	T8	19	31	55	11	5	14
II	L5	S7.5	T8	20	30	55	16	5	14
III	L5	S7.5	T8	21	30	43	11	5	14
I	L10	S0	T9	16	29	53	16	5	13
II	L10	S0	T9	17	30	54	13	5	14
III	L10	S0	T9	18	29	53	12	5	15
I	L10	S2.5	T10	20	29	56	15	5	15
II	L10	S2.5	T10	22	29	50	10	5	15
III	L10	S2.5	T10	20	28	55	10	5	15
I	L10	S5	T11	26	36	53	10	5	14
II	L10	S5	T11	26	33	63	10	5	15
III	L10	S5	T11	25	34	59	13	6	15
I	L10	S7.5	T12	28	37	58	11	5	15
II	L10	S7.5	T12	27	36	55	10	5	14
III	L10	S7.5	T12	25	34	61	10	5	15

Continuación del anexo 1.

Trat	Precocidad (ddt)		Evaluaciones en fruto			Rendimiento			Rendimiento (kg/ ha)
	Floración	Cuajado	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)	Primera (g)	Segunda (g)	Tercera (g)	
T1	37	60	6.45	4.38	69.25	84	323	158	12430
T1	48	64	5.30	3.54	33.40	84	280	181	11990
T1	36	64	6.18	3.68	41.80	0	393	132	11550
T2	36	64	5.28	3.50	38.00	96	382	102	12760
T2	38	57	5.18	3.42	28.80	84	314	179	12694
T2	37	57	6.37	4.37	64.00	170	387	0	12254
T3	37	56	6.28	4.14	55.80	0	601	74	14850
T3	37	58	5.23	3.60	32.00	0	404	271	14850
T3	38	60	4.78	3.23	25.67	0	540	107	14234
T4	38	58	5.97	3.97	46.00	0	615	76	15202
T4	38	58	6.40	4.37	62.83	81	502	92	14850
T4	39	58	5.80	4.00	44.00	84	587	0	14762
T5	39	60	5.70	4.10	33.60	354	349	82	17270
T5	38	60	5.63	3.87	39.67	178	465	124	16874
T5	37	55	5.70	3.40	37.00	169	362	144	14850
T6	36	55	5.80	3.78	41.00	0	516	208	15928
T6	36	55	7.45	4.40	79.00	271	389	117	17094
T6	36	58	5.75	3.88	48.50	0	577	144	15862
T7	36	58	6.38	4.32	61.60	264	513	52	18238
T7	37	57	5.20	3.33	33.25	169	600	55	18128
T7	36	56	6.60	4.60	70.67	0	771	55	18172
T8	39	58	6.65	4.22	56.67	0	812	37	18678
T8	38	58	5.58	4.08	50.00	0	799	36	18370
T8	39	58	5.42	4.12	48.20	178	643	0	18062
T9	39	58	6.78	4.40	66.20	267	533	53	18766
T9	37	59	6.65	4.15	63.50	443	331	104	19316
T9	37	59	4.76	3.64	35.00	81	723	81	19470
T10	37	59	6.88	4.38	67.25	264	568	45	19294
T10	37	59	5.68	3.68	43.00	89	725	68	19404
T10	39	59	4.95	3.58	34.00	255	525	85	19030
T11	38	58	6.46	3.86	54.00	186	610	70	19052
T11	38	58	6.32	4.08	50.80	246	491	94	18282
T11	38	58	5.50	3.80	42.00	254	553	79	19492
T12	38	58	5.88	3.70	46.50	555	207	196	21076
T12	37	58	5.58	3.70	40.50	260	542	60	18964
T12	37	58	5.77	3.77	44.67	361	429	110	19800

Anexo 2. Análisis de caracterización del suelo experimental, Pampa de Arco, ciudad universitaria, Ayacucho, 2023


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942896
Ayacucho – Perú

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

HR: 00213

Región : Ayacucho
 Provincia : Huamanga
 Distrito : Ayacucho
 Localidad : Pampa del Arco Ciudad Universitaria
 Proyecto : “TESIS”
 Solicitante : Srta. Liz Ramírez Quispe

ANALISIS DE CARACTERIZACION

Muestra	Análisis mecánico (%)		Clase Textural	pH (H ₂ O) 1:2.5	C. E. (dS/m.) 1:1	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)				Cationes cambiables (C _{mol(+)} /kg)				C. I. C. (C _{mol(+)} /kg)
	Arena	Limo							P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺	
01	40.7	11.6	Ar	8.32	0.66	0.5	0.99	0.05	14.4	174.6	6.72	4.88	0.90	0.74	0.0	0.0	22.8

Ayacucho, 14 de Junio del 2023.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
 PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE


Juan B. Gilón Molina
 C.I.P. 77120

Ao: Arenoso, AoFr: Arena franco, FrAo: Franco arenoso, Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso, FrArAo: Franco arcillo arenoso, FrAr: Franco arcilloso, FrAr Arcillosos, FrArL: Franco arcillo limoso, ArAo: Arcillo arenoso; ArL: Arcillo limoso, Ar: Arcilloso

Anexo 3. Análisis de lombricompost de cacao, evaluado en el laboratorio por MULTISERVICIOS AGROLAB, 2023



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS. - INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS. - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
- AGRICULTURA SUSTENTABLE.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ABONO

N° 1250070

Solicitante: Srta. Liz Sarayda Ramirez Quispe

Proyecto: Niveles de lombricompost de cacao, sólido y lixiviado, en el rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) Ayacucho, 2023

Muestra: Lombricompost de cacao

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Ayacucho

Fecha: 25- 07 - 23

№ Lab.	Muestra	pH	C.E. dS/m	MO %	Nt %	P2O5 %	K2O %	SO4 %	HH %
AAF 709	Lombricompost de cacao	9.49	5.48	22.77	1.43	1.79	2.62	0.27	12.11

№ Lab.	Muestra	CaO %	MgO %	Na %	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
AAF 709	Lombricompost de cacao	16.10	2.53	0.30	340.00	20.00	20.00	90.00



[Firma]
Ph. D. JARHILENI CERDA GÓMEZ
Responsable de Laboratorio

VºBº

Anexo 4. Análisis de lixiviado de lombricompost de cacao, evaluado en el laboratorio por MULTISERVICIOS AGROLAB, 2023.



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS. - INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS. - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
- AGRICULTURA SUSTENTABLE.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ABONO

N° 1250069

Solicitante: Srta. Liz Sarayda Ramírez Quispe

Proyecto: Niveles de lombricompost de cacao, sólido y lixiviado, en el rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) Ayacucho, 2023.

Muestra: Lixiviado de Lombricompost

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Ayacucho

Fecha: 25- 07 - 23

Nº Lab	Muestra	pH	C.E. dS/m	N (ppm)	P ₂ O ₅ (ppm)	K ₂ O (ppm)
AAF 708	Lixiviado de Lombricompost	12.35	27.60	336.00	92.80	1416.00

Nº Lab	Muestra	CaO (ppm)	MgO (ppm)	Na (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)
AAF 708	Lixiviado de Lombricompost	283.00	37.50	4300.00	151.20

Nº Lab	Muestra	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
AAF 708	Lixiviado de Lombricompost	505.00	2.00	10.00	136.50



[Signature]
Ph. D. MARLENI CERBA GÓMEZ
Responsable de Laboratorio

Anexo 5. Panel fotográfico



Foto 1. Proceso de elaboración de compost de cacao.



Foto 2. Proceso de lombricompostaje.



Foto 3. Extracción de lombricompost y lixiviado de lombricompost.



Foto 4. Preparación de sustrato.



Foto 5. Instalación del cultivo.



Foto 6. Evaluación de altura a los 20 días después del trasplante.



Foto 7. Aplicación de niveles de lixiviado a los tratamientos.



Foto 8. Evaluación del crecimiento a los 35 y 65 días



Foto 9. Evaluación de número de racimos, flores y frutos por planta.



Foto 10. Evaluación de longitud, diámetro y peso de los frutos de la primera cosecha.





ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. LIZ SARAYDA RAMIREZ QUISPE

R.D. N° 002-2024-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los ocho días del mes de enero del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del señor Decano de la Facultad de Ciencias agrarias Dr. Felipe Escobar Ramírez, los miembros del jurado conformado por el Dr. Rolando Bautista Gómez, Mtro. Rodolfo Alca Mendoza como asesor, M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez y Ing. Eduardo Robles García; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulada: **Niveles de lombricompost de cacao, sólido y lixiviado, en el rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), Ayacucho, 2023.** para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónoma presentado por la Bachiller **LIZ SARAYDA RAMIREZ QUISPE.**

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberacion y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Rolando Bautista Gómez	15	13	15	14
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza	16	16	16	16
M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez	14	15	15	15
Ing. Eduardo Robles García	15	16	16	16
PROMEDIO GENERAL				15

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.

OBSERVACION: según acuerdo de miembros de jurado el titulo de la tesis debe ser: **Niveles de lombricompost de mazorcas de cacao, sólido y lixiviado, en el rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), Ayacucho, 2023**

.....
Dr. Rolando Bautista Gómez
Presidente

.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Asesor

.....
M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez
Jurado

.....
Ing. Eduardo Robles García
Jurado

.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R; hace constar que el trabajo titulado;

Niveles de lombricompost de mazorcas de cacao, sólido y lixiviado, en el rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), Ayacucho, 2023.

Autor : Liz Sarayda Ramirez Quispe

Asesor : Rodolfo Alca Mendoza

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **ventiuno (21 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2273457777

Ayacucho, 25 de enero de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias


M. Sc. Walter A. Mateu Mateo
Pda. Comisión Turnitin - FCA

Niveles de lombricompost de mazorcas de cacao, sólido y lixiviado, en el rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), Ayacucho, 2023

por Liz Sarayda Ramirez Quispe

Fecha de entrega: 22-ene-2024 06:20p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2273457777

Nombre del archivo: RAMIREZ_QUISPE_LIZ_SARAYDA.docx (7.21M)

Total de palabras: 15012

Total de caracteres: 78375

Niveles de lombricompost de mazorcas de cacao, sólido y lixiviado, en el rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), Ayacucho, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

15%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	5%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	aprenderly.com Fuente de Internet	3%
4	www.yumpu.com Fuente de Internet	2%
5	1library.co Fuente de Internet	1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
7	publicaciones.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	www.grafiati.com Fuente de Internet	1%

9	bioseguridad.minam.gob.pe Fuente de Internet	1 %
10	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to CONACYT Trabajo del estudiante	<1 %
12	Submitted to Universidad Catolica San Antonio de Murcia Trabajo del estudiante	<1 %
13	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to ipn Trabajo del estudiante	<1 %
15	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
16	biblioteca.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Atlantic International University Trabajo del estudiante	<1 %
20	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %

21

Oberholzer, Niel. "Information Efficiency between Equity Markets of Commodity-Driven Countries", University of Johannesburg (South Africa), 2021

Publicación

<1 %

22

Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador

Trabajo del estudiante

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

NIVELES DE LOMBRICOMPOST DE MAZORCAS DE CACAO, SÓLIDO Y LIXIVIADO, EN EL RENDIMIENTO DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill), AYACUCHO, 2023

Liz Sarayda Ramirez-Quispe; Rodolfo Alca-Mendoza

Área de investigación: Medio ambiente

Línea de investigación: Sistema de producción agrícola

liz.ramirez.01@unsch.edu.pe

rodolfo.alca@unsch.edu.pe

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo, evaluar la influencia de lombricompost sólido a base de mazorcas de cacao y su lixiviado en el rendimiento de tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill.), Ayacucho 2023. Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con arreglo factorial (3 niveles de lixiviado y 4 niveles de lombricompost) y tres repeticiones, donde se evaluó 12 tratamientos. Las variables evaluadas fueron: caracteres de precocidad (días a la floración y días al cuajado), caracteres de productividad (altura de planta, número de flores por racimo, número de racimos por planta, número de frutos por planta, longitud y diámetro del fruto, rendimiento del fruto en categoría primera, segunda y tercera). Como resultado, se encontró un promedio de 37.22 días a la floración y 57.58 días al cuajado. Para altura de la planta, se encontró diferencia significativa a los 20 días y 35 días, con 26.67 cm (T12) y 35.67 cm (T12), respectivamente; altura a los 6 días resultó no significativo, pero con nivel de 6.27 t/ha de lombricompost se obtuvo altura máxima de 59.37 cm. Se encontró 13.67 unidades de número de racimos con T9, 7.52 cm de longitud de fruto con T12, 4.83 cm de diámetro ecuatorial del fruto con T12, 880.67 g de rendimiento de fruto con T12.

Palabras claves: lombricompost, lixiviado, cacao, *Lycopersicum sculentum*

**LOMBRICOMPOST LEVELS OF COCOA PODS, SOLIDS AND LEACHATES,
IN TOMATO YIELD (*Lycopersicum esculentum* Mill), AYACUCHO, 2023.**

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the influence of solid vermicompost based on cocoa pods and its leachate on tomato yield (*Lycopersicum sculentum* Mill.), Ayacucho 2023. The Random Complete Block Design (DBCA) was used, with a factorial arrangement (3 levels of leachate and 4 levels of vermicompost) and three repetitions, where 12 treatments were evaluated. The variables evaluated were: precocity characteristics (days to flowering and days to fruit set), productivity characteristics (height of plant, number of flowers per cluster, number of clusters per plant, number of fruits per plant, length and diameter of the fruit, fruit yield in first, second and third category). As a result, an average of 37.22 days was found to the flowering and 57.58 days to fruit set. For plant height, a significant difference was found at 20 days and 35 days, with 26.67 cm (T12) and 35.67 cm (T12), respectively; height at 6 days was not significant, but With a level of 6.27 t/ha of vermicompost, a maximum height of 59.37 cm was obtained. 13.67 units of number of clusters were found with T9, 7.52 cm of fruit length with T12, 4.83 cm of equatorial diameter of the fruit with T12, 880.67 g of fruit yield with T12.

Keywords: vermicompost, leachate, cocoa, *Lycopersicum sculentum*

1. INTRODUCCIÓN

El uso de productos químicos en la agricultura causa un gran impacto en el suelo agrícola y consecuentemente causa efectos negativos en el ambiente.

Según Honles et al. (2022), que se basó en el Censo agropecuario del 2012, el 88% de los agricultores peruanos utiliza pesticidas químicos con regularidad, mientras que sólo el 5% de ellos practica la agricultura orgánica. Siendo esta cifra el reflejo de que hay mayores riesgos de contaminación por plaguicidas ya que no se ve una adecuada regulación agroquímica.

A nivel de las zonas cacaoteras de la región Ayacucho, no existen trabajos de investigación referente al uso adecuado de los residuos de cosecha de cacao. Cuyos residuos (restos de mazorca del cacao), previamente lombricompostado se utilizaría como abono orgánico en la producción de diversos cultivos agrícolas, aprovechando de forma eficiente los contenidos nutricionales acumulados en dicho residuo. Asimismo, se promovería la producción de abonos orgánicos orientado a la agricultura orgánica, reduciendo el uso de fertilizantes químicos.

Una de las principales razones para realizar la investigación en lombricompostaje a base de residuos de cosecha de cacao, es porque hay disponibilidad de materia prima en desuso (restos de mazorca del cacao), sin ningún valor agregado; además la actividad agrícola representa la base fundamental del sustento económico y fuente de trabajo de los agricultores cacaoteros. La generación de los nuevos conocimientos en base a los resultados del trabajo de investigación será en beneficio de los propios agricultores.

El tomate es originario de los Andes del Perú, en su forma silvestre con una fruta redonda de color rojo. Gradualmente se esparció a lo largo de Suramérica desde donde expandió hasta América Central. Ahí, ya hace miles de años, lo llamaron “xitomatl” en el lenguaje Nahuatl, idioma de la nación azteca; fue allí adonde fue cosechado, cultivado y mejorado produciendo una mayor diversidad de frutos (Brouwer & Elliott, 2006).

García (1959) menciona que el cultivo de tomate alcanza rendimientos de hasta 50 toneladas por hectárea, esto cuando se realiza un abonamiento químico y estiércol.

Para obtener un rendimiento suficiente del cultivo de tomate se debe utilizar grandes cantidades de fertilizantes minerales y pesticidas, lo que supone también un aumento de los costes de producción y del consumo de energía y si no se utiliza adecuadamente pueden surgir problemas de salinización y contaminación del suelo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El trabajo de investigación fue realizado en dos lugares. La elaboración del lombricompost a base de mazorcas de cacao se realizó en los ambientes del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga.

La instalación y manejo del cultivo se realizó bajo invernadero, ubicado en la ciudad universitaria (UNSCH), a una altitud de 2792 m.s.n.m. encontrándose entre las coordenadas geográficas 13°08'38" Latitud Sur y 74°13'17" Longitud Oeste; provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho.

Características físicas y químicas del suelo

Para determinar las condiciones físico-químicas del suelo se realizó muestreo al azar empleando el método convencional, obteniendo una muestra representativa de 1 kg de suelo de Pampa del Arco. La muestra representativa se envió al Laboratorio de Suelos y Planta, Agua y Fertilizantes del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Teniendo en cuenta los datos que se muestran en la tabla 2.2, el suelo muestra un pH de 8.32 lo que indica que es un suelo moderadamente alcalino; así mismo, se observa un contenido muy bajo de materia orgánica 0.99%, un contenido medio de fósforo y potasio en contenido alto.

Factores de estudio

Para el presente experimento se consideró dos factores de estudio (variables dependientes): niveles de lombricompost de mazorcas de cacao sólido (S) y lixiviado (L), los cuales tienen niveles.

Se probó el efecto de la interacción de los niveles de lixiviado de lombricompost de mazorcas de cacao y niveles de lombricompost sólido de mazorcas de cacao.

Tabla 2.1

Descripción de tratamientos

Tratamiento	Código	Descripción
T ₁	L ₁ * S ₁	Sin lixiviado de lombricompost y sin lombricompost sólido
T ₂	L ₂ * S ₁	Sin lixiviado de lombricompost y lomb. sólido 2.5 t.ha ⁻¹
T ₃	L ₂ * S ₂	Sin lixiviado de lombricompost y lomb. sólido 5.0 t.ha ⁻¹
T ₄	L ₃ * S ₁	Sin lixiviado de lombricompost y lomb. sólido 7.5 t.ha ⁻¹
T ₅	L ₁ * S ₂	Lixiviado de lombricompost al 5% y lomb. sólido 2.5 t.ha ⁻¹
T ₆	L ₃ * S ₂	Lixiviado de lombricompost al 5% y lomb. sólido 5.0 t.ha ⁻¹
T ₇	L ₂ * S ₃	Lixiviado de lombricompost al 5% y lomb. sólido 7.5 t.ha ⁻¹

T₈	L ₁ * S ₄	Sin lixiviado de lombricompost y lomb. sólido 7.5 t.ha ⁻¹
T₉	L ₃ * S ₁	Lixiviado de lombricompost al 10% y lomb. sólido 2.5 t.ha ⁻¹
T₁₀	L ₁ * S ₃	Lixiviado de lombricompost al 10% y lomb. sólido 5.0 t.ha ⁻¹
T₁₁	L ₃ * S ₃	Lixiviado de lombricompost al 10% y lomb. sólido 5.0 t.ha ⁻¹
T₁₂	L ₃ * S ₄	Lixiviado de lombricompost al 10% y lomb. sólido 7.5 t.ha ⁻¹

Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó en el trabajo de investigación fue el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial 3L (Niveles de lixiviado de lombricompost) X 4S (Niveles de lombricompost sólido), con tres repeticiones.

Modelo Aditivo Lineal del diseño es el siguiente: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$; donde, Y_{ij} = Observación en la unidad experimental, μ = Promedio general, τ_i = Efecto de los tratamientos, β_j = Efecto de bloques, ϵ_{ij} = Error experimental.

Manejo agronómico

En esta fase que tuvo una duración de 6 meses, consistió en el control de malezas presentes en el cultivo y riego oportuno de acuerdo a las necesidades del cultivo durante su ciclo de vida, para luego se procedió con la cosecha de frutos y evaluación del rendimiento.

A los 15 días del trasplante se aplicó con un insecticida casero elaborado con ajo 150g de ajo/20 l de agua, repitiendo la acción cada 15 días, esta acción se realizó dos veces con el fin de evitar la aparición de mosca blanca. A los 96 días de instalar el cultivo se observó síntomas producidos por *Phytophthora infestans* por lo que se realizó un control con un fungicida con base de azufre y cobre Vacomil-Plus 50 con una dosis de 20 ml./mochila. El control realizado fue medianamente efectivo puesto que más del 50% de plantas se encontraron infestadas.

Se realizó la cosecha del tomate cuando éstos alcanzaron su madurez de cosecha y tiendan a manifestar una coloración pintona. Para determinar el rendimiento de frutos por unidad experimental, se pesó y midió los frutos cosechados, primero obteniendo el peso general y luego clasificándolos de acuerdo al peso de fruto en categorías primera, segunda y tercera. Esta actividad se realizó durante la madurez de cosecha, cuando el 80% de frutos se encontraron en este estado; se recolectó en bolsas de papel previamente identificadas para proceder a tomar los datos requeridos en la investigación.

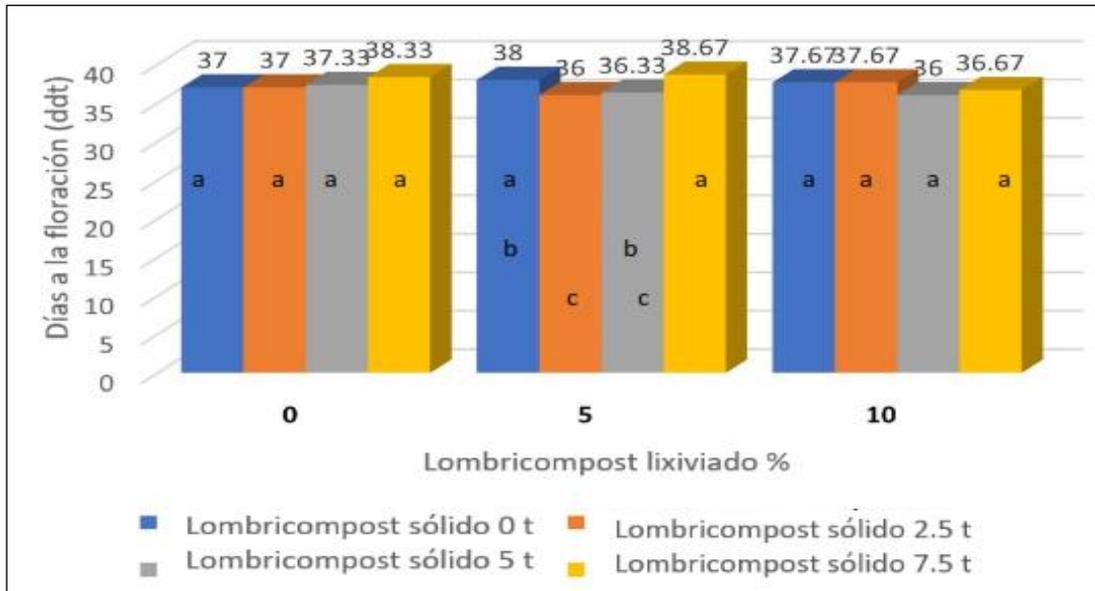
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracteres de precocidad

3.1.1. Días a la floración

Figura 3.1

Prueba de Tukey de los días a la floración del tomate de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado



En la comparación de medias para días a la floración (ddt), se encontró que en el tratamiento 8 (5% de lixiviado con 7.5 t de lombricompost de cacao), resultó con mayor número de días hasta la etapa de floración, 38.67dds; sin embargo, no se muestra una clara diferencia estadística con el resto de los tratamientos. Se puede indicar que los días a la floración fluctúa en el rango de 36 a 38.67 días (Figura 3.1).

3.1.2. Días al cuajado

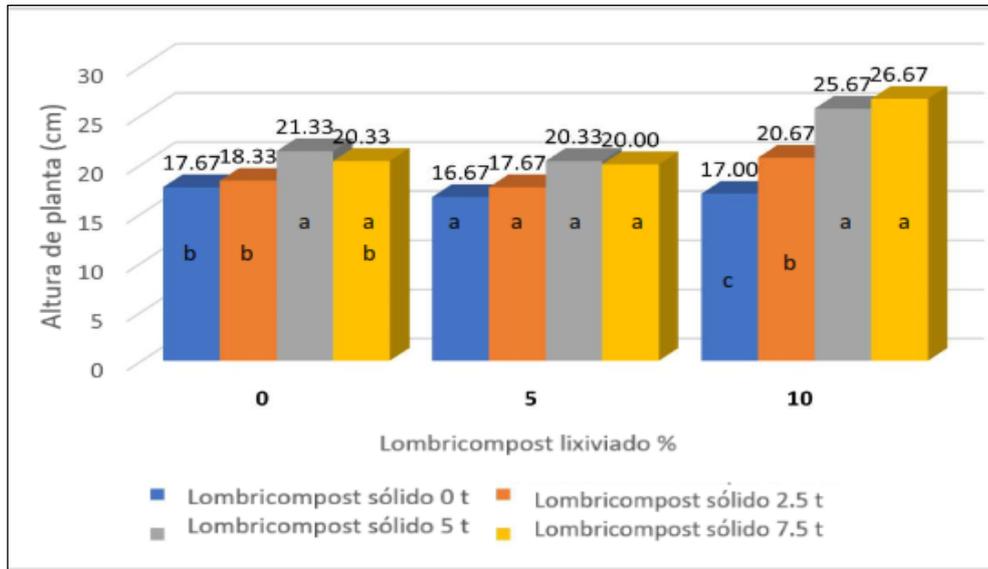
En el análisis de variancia para los días (ddt) al cuajado del tomate no se encontró ninguna diferencia significativa, lo que significa que los tratamientos realizados no influyeron en los días al cuajado del tomate. El coeficiente de variación fue de 3.48% lo que muestra que existe precisión y los resultados son confiables.

3.2. Variables de rendimiento

3.2.1. Altura de la planta a los 20, 35 y 65 días

Figura 3.2

Prueba de Tukey de la diferencia de altura de planta a los 20 ddt de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado



En la Figura 3.2, muestra la comparación de las medias para la altura de planta, evaluado a los 20 ddt, en los tratamientos 12 y 11 (10% de lixiviado de lombricompost con 7.5 y 5 tn.ha⁻¹ de lombricompost, respectivamente), se encontró mayor tamaño de la planta, 26.67 y 25.67 cm, respectivamente, los cuales resultaron distintos estadísticamente. Los de menor crecimiento fue con el tratamiento 5 (sólo 5% de lixiviado de lombricompost), 16.67cm.

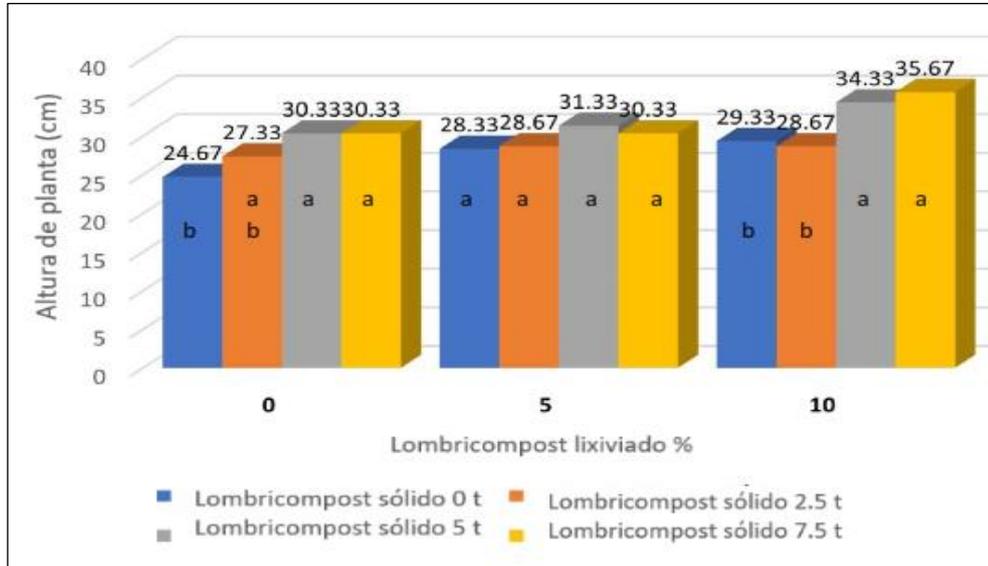
La altura de planta varía entre 26.67 y 16.67 cm; la respuesta significativa de la interacción (lombricompost + lixiviado), significa que estos actuaron de manera conjunta para el efecto en la altura de la planta (Figura 3.2).

Monzón (2016) en su trabajo de investigación evaluación del rendimiento de tomate de crecimiento indeterminado y variedades híbridas haciendo uso de abonos fermentados de gallinaza y cuyaza, obtuvo crecimiento de 21.07 cm en la variedad Rio Grande a los 20 días después del trasplante esto al utilizar abono orgánico fermentado de cuyaza aplicando una dosificación de 13.9 t/ha.

Al comparar los resultados obtenidos podemos afirmar que al realizar la aplicación de lombricompost de cacao sólido y lixiviado obtenemos resultados mayores en crecimiento de planta, y que el resultado obtenido por Monzón (2016) se asemeja a un abonamiento con 5 t de lombricompost.

Figura 3.3

Prueba de Tukey de la diferencia de altura de planta a los 35 ddt de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado.

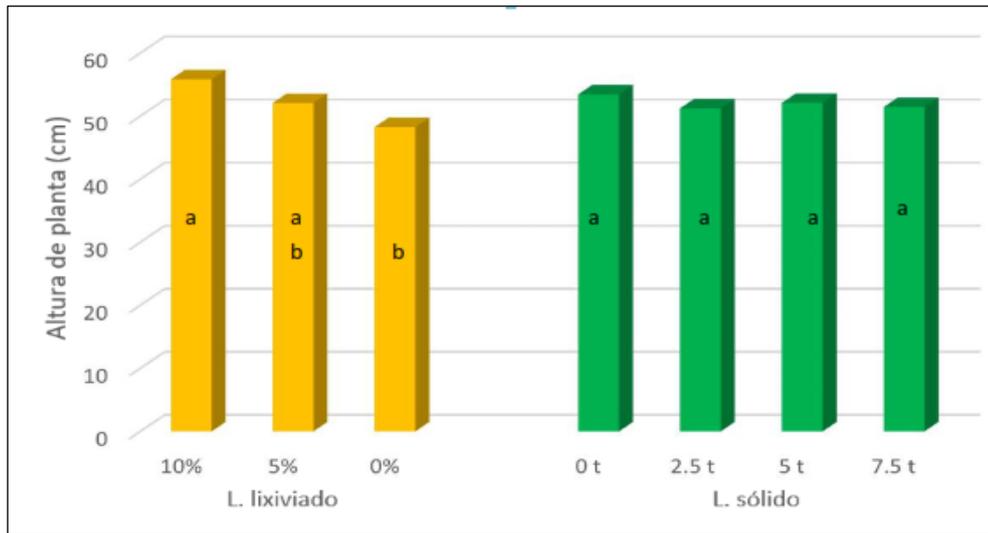


En la Figura 3.3, en la comparación de medias para altura evaluado a los 35 ddt, con los tratamientos 12 y 11 (10% de lixiviado con 7.5 y 5 t ha⁻¹ de lombricompost, respectivamente), se encontró mayor tamaño, 35.67 y 34.33 cm, respectivamente; los de menor crecimiento fueron el testigo que no tuvo la aplicación de ninguna fuente de abonamiento. La altura de planta varía entre 35.67 y 24.67 cm. la respuesta significativa de la interacción (lombricompost + lixiviado), significa que estos actuaron de manera conjunta para el efecto en la altura de la planta (Figura 3.3).

Qasim et al. (2023) en la investigación realizada sobre la respuesta morfológica y fisiológica del tomate a la aplicación combinada de vermicompost y fertilizantes químicos obtuvo resultados significativos al hacer uso de fuentes de abono orgánico y tipos de vermicompostaje, donde obtuvo un aumento de tamaño de hasta un 168% respecto al tratamiento de control (N, P práctica de agricultores). Por ende, los resultados del presente trabajo ratifican el efecto del lombricompostaje en la altura de la planta del cultivo de tomate.

Figura 3.4

Prueba de Tukey de la diferencia de altura de planta a los 65 ddt de los efectos principales de los niveles de lombricompost lixiviado y sólido.



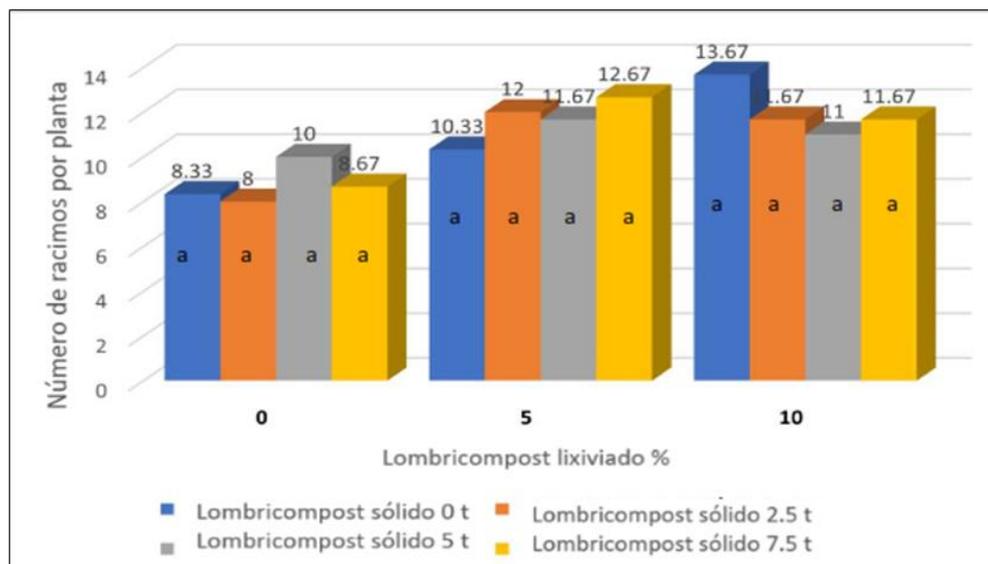
3.2.2. Número de flores por racimo en planta

En el análisis de variancia para el número de flores por racimo del tomate, no se encontró diferencia significativa para ninguno de las fuentes de variación, lo que nos muestra que los tratamientos realizados no influyeron en el número de flores por racimo. El coeficiente de variación fue de 7.24% lo que nos muestra que existe precisión entre las repeticiones de los tratamientos.

3.2.3. Número de racimos por planta

Figura 3.4

Prueba de Tukey de los números de racimos por planta de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado

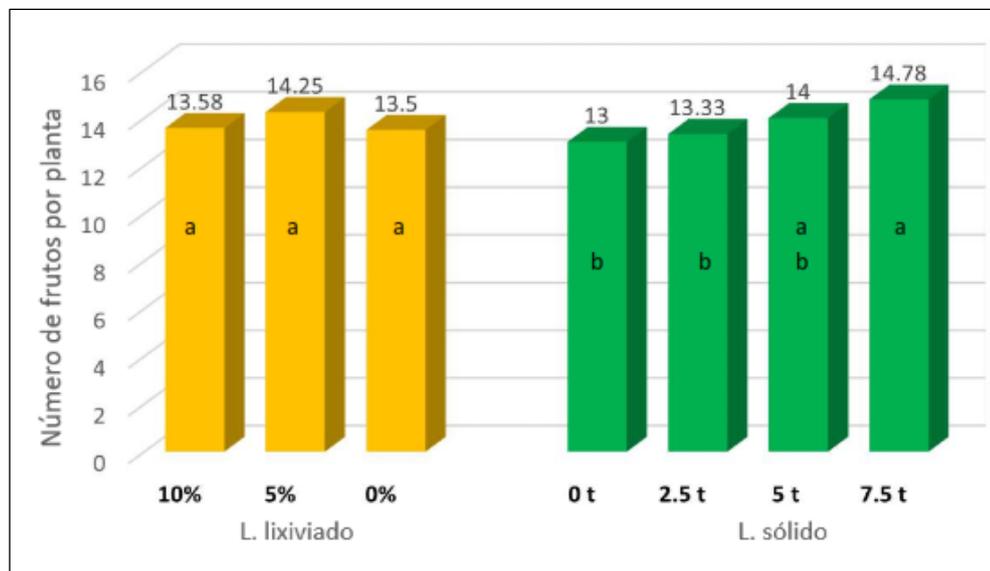


En la Figura 3.4, se muestra la comparación de medias del número de racimos por planta, en la que se obtuvo con el tratamiento 9 (10% de lixiviado de lombricompost) una mayor cantidad de racimos por planta (13.67 unidades); mientras, con el tratamiento 2 (2.5 tn de lombricompost) se encontró menor número de racimos, 8.0 unidades. Sin embargo, no se observa diferencia estadística entre los tratamientos, por lo que solo existe una diferencia numérica.

3.2.4. Número de frutos por planta

Figura 3.5

Prueba de Tukey del número de frutos por planta de los efectos principales de los niveles de lombricompost lixiviado y sólido.

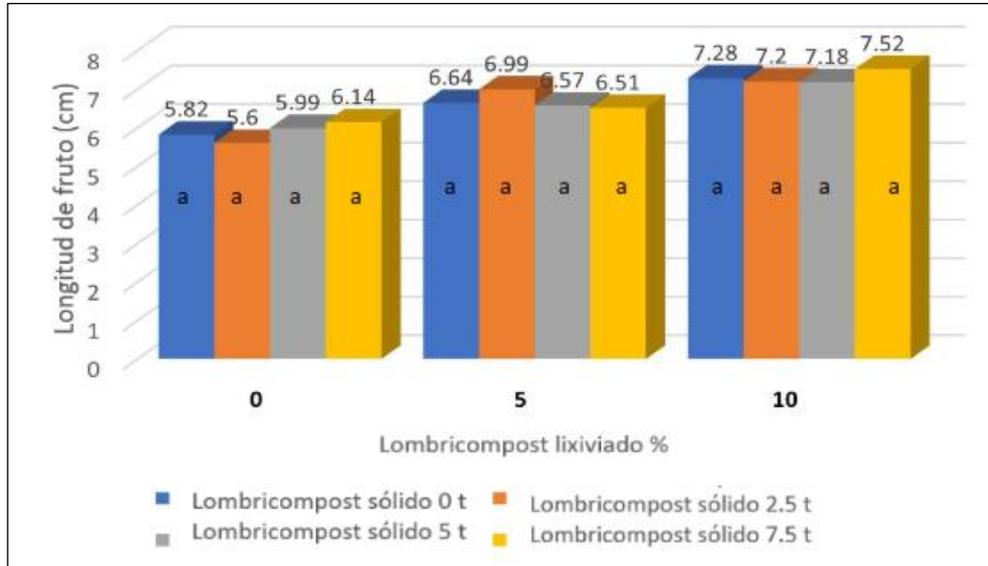


En el análisis de variancia para el número de frutos por planta de tomate, se encontró diferencia altamente significativa en las fuentes de variación tratamientos, efectos principales del lixiviado de lombricompost; no se encontró significancia para los efectos en las fuentes de variación de bloque, lombricompost y la interacción del lixiviado con el lombricompost. El coeficiente de variación fue de 8.47% lo que nos muestra que existe precisión y los resultados son confiables. El obtener no significancia en los bloques, nos muestra que existe homogeneidad entre las repeticiones.

3.2.5. Longitud de fruto

Figura 3.6

Prueba de Tukey del largo de fruto de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado.



En la Figura 3.6, se muestra la comparación de medias de la longitud del fruto de tomate, en la que se obtuvo con el tratamiento 12 (10% de lixiviado de lombricompost + 7.5 t/ha lombricompost) una mayor longitud de fruto (7.52 cm); mientras, con el tratamiento 4 (lixiviado 0% + 7.5 tn de lombricompost) se encontró menor longitud, 6.14 cm. Sin embargo, no se observa una clara diferencia estadística para algún tratamiento en específico, por lo que solo existe una diferencia numérica.

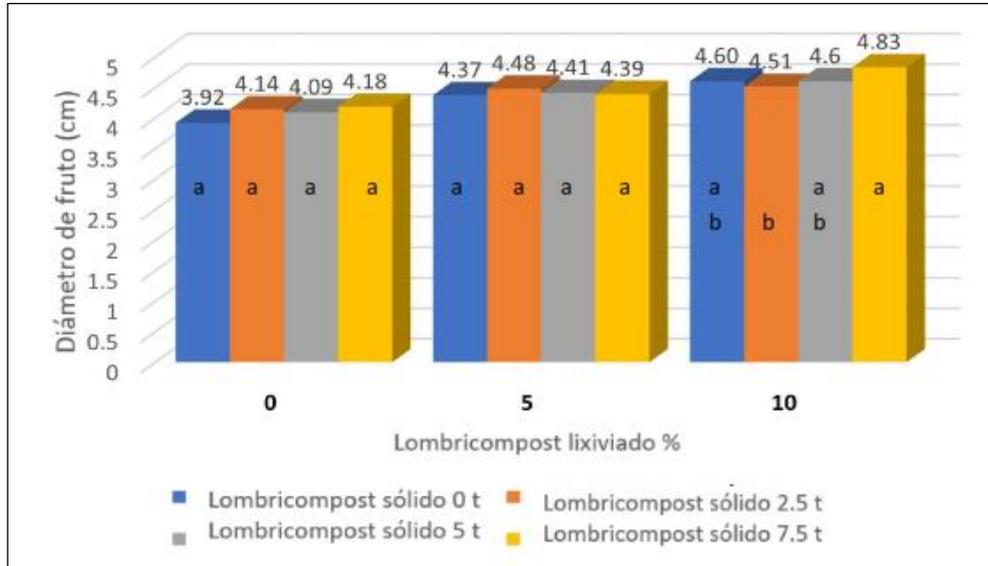
Los resultados obtenidos por Qasim et al (2023) para la longitud del fruto fueron favorables con un abonamiento de vermicompostaje tipo 1 y 2 donde los frutos de tomate obtuvieron longitudes de 6.45 cm y 5.62 cm respectivamente, sin embargo se obtuvo longitudes altas al realizar abonamiento con dosis mínimas de NPK y abonamiento con vermicompostaje y se obtuvo longitudes de 7.51 cm.

Según Monzón (2016) en su trabajo obtuvo resultados al realizar un abonamiento orgánico de cuyaza obtuvo frutos con longitudes mayores a 8 cm y resultados con longitudes entre 6 y 8 cm con abonamiento fermentado de gallinaza. Podemos corroborar que los resultados que se obtuvo en la presente investigación se encuentran dentro de los resultados obtenidos en las distintas investigaciones realizadas.

3.2.6. Diámetro ecuatorial de fruto

Figura 3.7

Prueba de Tukey del diámetro de fruto de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado.



En la Figura 3.7, se muestra la comparación de medias de diámetro ecuatorial del fruto de tomate, en la que se obtuvo con el tratamiento 12 (10% de lixiviado de lombricompost + 7.5 t/ha lombricompost) un mayor diámetro de fruto (4.83 cm); mientras, con el tratamiento 1 (lixiviado 0% + 0 tn/ha de lombricompost) que fue el testigo, se encontró menor longitud, 3.92 cm. Sin embargo, no se observa una clara diferencia estadística para algún tratamiento en específico, por lo que solo existe una diferencia numérica.

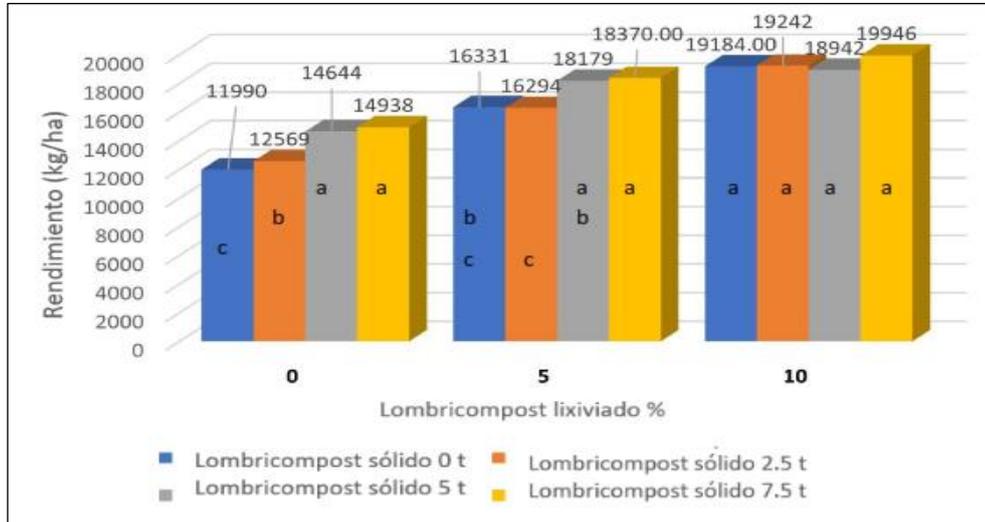
Qasim et al (2023) al realizar una prueba con dos tipos de vermicompostaje se obtuvo diámetros de 4.15 cm y 3.76 cm, sin embargo, se obtuvo mayores diámetros con dosis complementadas con N, P, K, obteniendo valores de 5.85 cm y 5.45cm.

Según el trabajo de investigación realizado por Monzón (2016), obtuvo un porcentaje de frutos de calibre grueso (4.42 cm) y medianos (3.84 cm) al realizar abonamiento con abono orgánico fermentado de gallinaza. Con las investigaciones mencionadas ratificamos el resultado obtenido en la presente investigación ya que se encuentra dentro de los rangos que mencionan.

3.2.7. Rendimiento total de frutos

Figura 3.8

Prueba de Tukey del rendimiento total de frutos de los efectos simples con los diferentes niveles de lombricompost sólido con cada nivel de lombricompost lixiviado.



En la Figura 3.8, se muestra la comparación de medias de rendimiento de frutos de tomate, en la que se obtuvo con el tratamiento 12 (10% de lixiviado de lombricompost + 7.5 t.ha⁻¹ lombricompost) un mayor que el resto de los tratamientos (19946 kg); mientras, con el tratamiento 1 (lixiviado 0% + 0 tn.ha⁻¹ de lombricompost) que fue el testigo, se encontró menor rendimiento, 11990.00 kg. Sin embargo, no se observa una clara diferencia estadística para algún tratamiento en específico, por lo que solo existe una diferencia numérica.

Según Monzón (2016) en la variedad Río Grande obtuvo rendimientos de 27 644 kg.ha⁻¹ aplicando un abonamiento de 13 t.ha⁻¹ de abono orgánico fermentado.

En la presente investigación se obtuvo un rendimiento de 19 946 kg.ha⁻¹ al realizar un abonamiento con 7.5 t de lombricompost y 10% de lixiviado.

3.2.8. Rendimiento de frutos de categoría primera, segunda y tercera

Tabla 3.1

Análisis de variancia del rendimiento de frutos categoría primera, segunda y tercera

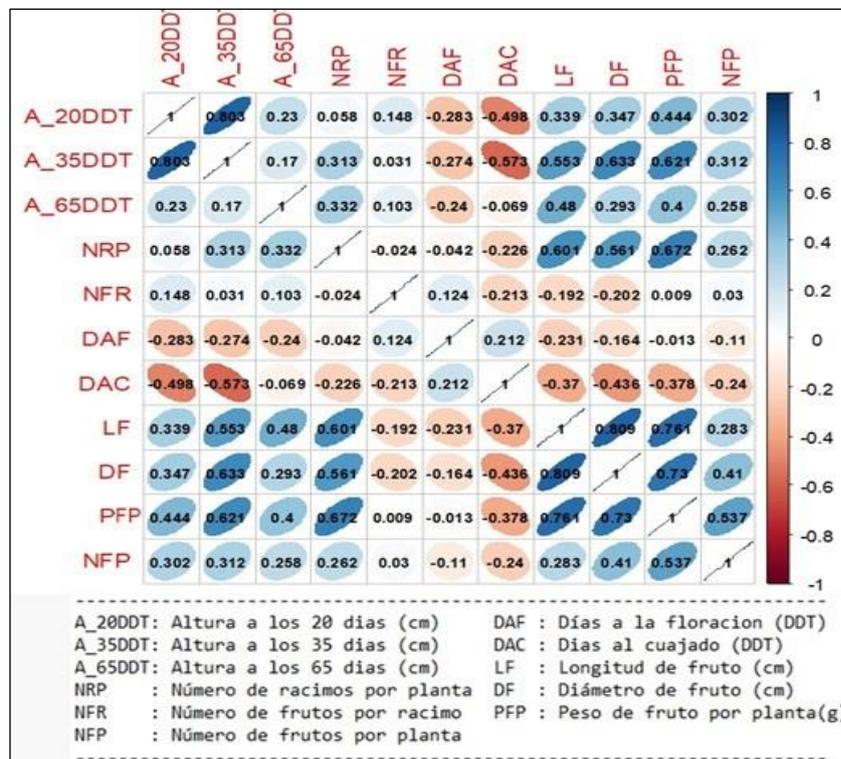
F.V.	GL	Cuadrados Medios		
		Primera	Segunda	Tercera
Bloque	2	5835.53ns	9269.36ns	4108ns
Lombricompost sólido (L)	3	6986.32ns	47206.47*	4115.66ns
Lixiviado de lombricompost (S)	2	142663.44**	45747.03*	2890.75ns
Lixiviado*Lombricompost (L*S)	6	19243.3ns	45483.92**	7658.05ns
Error	22	11917.92	11881.06	2515.55
Total	35			
CV %		71.11	21.37	52.02

En el análisis de variancia para el rendimiento de frutos de tomate clasificados en categoría primera, segunda y tercera, muestra evidencia de diferencia significativa en la categoría primera y segunda para la aplicación de lixiviado de lombricompost, lo que nos indica que la aplicación de ésta del lixiviado tuvo efecto en el rendimiento de frutos de categoría primer y segunda. También el análisis de variancia refleja que la interacción del lixiviado y lombricompost presentan evidencia altamente significativa, esto nos muestra que la interacción tiene un efecto en el rendimiento de frutos de categoría segunda. Se obtiene valores altos de coeficiente de variancia por el alto grado de variabilidad que se da al no encontrar datos de frutos que pertenezcan a la categoría primera o tercera.

3.3. Correlación de las variables

Tabla 3.2

Correlación lineal de las 10 variables cuantitativas, evaluados en tomate con niveles de lombricompost, de cacao, sólido y lixiviado, Ayacucho, 2023.



En la Tabla 3.2, el coeficiente de correlación general para las 10 variables cuantitativas evaluadas, en la que se aprecia una correlación positiva de 0.672 entre número de racimos por planta (NRP) y peso de fruto (PF); es decir, que en el rendimiento de tomate si influye la cantidad de número de racimos de la planta, en 67%. De la misma forma, se muestra una correlación positiva de 0.81 y 0.76 entre longitud de fruto y diámetro de fruto y peso de fruto, respectivamente; significa que, los frutos de mayor longitud tuvieron mayor diámetro y peso, en 80.9% y 76%, respectivamente. Asimismo, el diámetro de fruto influye en el peso del fruto en 0.73 = 73%.

4. CONCLUSIONES

1. La aplicación de lombricompost sólido y lixiviado no tuvieron influencia en los caracteres de precocidad evaluados en la presente investigación, sin embargo, se obtuvo resultados positivos en las variables de rendimiento; en el crecimiento del cultivo a los 20, 35 y 65 días se obtuvo un incremento del 50.9% respecto al testigo, en la variable longitud de fruto el abonamiento del lombricompost sólido y lixiviado muestra un incremento de 29.2% respecto al tratamiento testigo (sin abonamiento). En la evaluación del diámetro ecuatorial se obtuvo un crecimiento mayor en 23% respecto al testigo. Y en el rendimiento de frutos al aplicar abonamiento de lombricompost sólido y lixiviado se obtuvo un rendimiento mayor de 63% en comparación del testigo (sin abonamiento).
2. La aplicación de dosis de 5 y 7.5 t de lombricompost sólido, muestra que hay influencia positiva en el crecimiento de tomate, obtenido respuesta significativa respecto al tratamiento testigo (sin abonamiento). Obtenemos un crecimiento mayor de 22.9% respecto al testigo. La aplicación únicamente de lixiviado de lombricompost a una concentración de 10% muestra una influencia significativa en la longitud y diámetro de fruto, con incrementos correspondientes mayores de 25% y 19.6% respecto al testigo.

5. RECOMENDACIONES

1. Para mejorar e incrementar el rendimiento del cultivo de tomate y reducir la aplicación de fertilizantes químicos y consecuentemente reducir la contaminación ambiental, se recomienda aplicar en conjunto dosis de abonamiento de lombricompost elaborado con mazorcas de cacao en niveles de 5 y 7,5 t.ha⁻¹ y lixiviado de lombricompost en niveles de 5 y 10 % , al realizar este abonamiento obtendríamos valores esperados al realizar una producción de tomates orgánicos bajo invernadero.
2. Incentivar a la elaboración, uso y aplicación de abonos orgánicos que se pueden elaborar con materiales existentes en la zona, de esta manera se disminuye el uso de productos químicos y se promueve la conservación del recurso suelo, además de ofrecer un producto final saludable.
3. Realizar investigaciones similares realizando la investigación desde el uso de semillas para no tener variabilidad genética en las plantas; además realizar investigaciones utilizando distintas dosis de abonamiento y otros cultivos, todo ello con la finalidad de mejorar y comparar para lograr mejores resultados y dar un uso aprovechable a los diferentes tipos de residuos generados en la producción de cacao.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brouwer, C., & Elliott, M. (2006). El Tomate, sus Datos e Historia. *Texas Cooperative Extension*, 1, 2. <http://harris-tx.tamu.edu/hort>
- Honles, J., Clisson, C., Monge, C., Vásquez-Ocmín, P., Cerapio, J. P., Palamy, S., Casavilca-Zambrano, S., Herrera, J., Pineau, P., Deharo, E., Peynet, V., & Bertani, S. (2022). Exposure assessment of 170 pesticide ingredients and derivative metabolites in people from the Central Andes of Peru. *Scientific Reports*, 12(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17772-1>
- Monzón Sequeiros, C. A. (2016). “*Evaluación del rendimiento de tomate de crecimiento indeterminado (Lycopersicum sculentum Mill) de variedades híbridos utilizando abonos fermentados de gallinaza y cuyaza- Abancay*”. Universidad Tecnológica de los Andes.
- Qasim, M., Ju, J., Zhao, H., Bhatti, S. M., Saleem, G., Memon, S. P., Ali, S., Younas, M. U., Rajput, N., & Jamali, Z. H. (2023). Morphological and Physiological Response of Tomato to Sole and Combined Application of Vermicompost and Chemical Fertilizers. *Agronomy*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy13061508>