



| POSGRADOS |

MAESTRÍA EN AGROECOLOGIA

RPC-SO-34-NO.778-2021

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROYECTO DE TITULACIÓN CON
COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN
APLICADA Y/O DE DESARROLLO

TEMA:

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE
COMPOST OBTENIDO A PARTIR DE
RESIDUOS VEGETALES DEL CULTIVO DE
TOMATE DE MESA (SOLANUM
LYCOPERSICUM) CON ESTIÉRCOL DE
COBAYO, GANADO PORCINO Y GANADO
BOVINO

AUTOR:

MARCOS ORLANDO ÁLVAREZ BAUTISTA

DIRECTOR:

JUAN GERARDO LOYOLA ILLESCAS

CUENCA – ECUADOR
2025

Autor:



Marcos Orlando Álvarez Bautista

Ingeniero Agropecuario.

Candidato a Magíster en Agroecología por la
Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

omarcos.ma33@gmail.com

Dirigido por:



Juan Gerardo Loyola Illescas

Ingeniero Agrónomo.

Licenciado en Docencia Técnica.

Magister en Arquitectura del Paisaje.

Doctor en Agroecología.

jloyola@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2025 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

MARCOS ORLANDO ÁLVAREZ BAUTISTA

Determinación de la calidad de compost obtenido a partir de residuos vegetales del cultivo de tomate de mesa (*Solanum Lycopersicum*) con estiércol de cobayo, ganado porcino y ganado bovino

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia, cuyo amor y apoyo incondicional han sido fundamentales en mi trayectoria académica. En especial, a mi esposa, cuya paciencia, comprensión y aliento constante han sido pilares en este proceso. Su fe en mis capacidades me ha motivado a superarme y alcanzar este logro. Esta dedicación es un testimonio de mi más profundo agradecimiento y cariño hacia ella.

Marcos Álvarez

AGRADECIMIENTO

"El cambio comienza con la decisión de actuar."

Vandana Shiva

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Centro Salesiano y a la Unidad Educativa Agronómico Salesiano por brindarme el espacio y las herramientas necesarias para llevar a cabo esta tesis. Su compromiso con la formación integral de los estudiantes y su enfoque en la excelencia académica han sido fundamentales en mi desarrollo personal y profesional.

Agradezco también a mis profesores y mentores, quienes me guiaron con sus conocimientos y experiencia, y me inspiraron a profundizar en el apasionante mundo de la agroecología. Su apoyo y dedicación han dejado una huella imborrable en mi trayectoria.

Por último, quiero dedicar un agradecimiento especial a mi familia. Su amor incondicional, comprensión y aliento han sido mi mayor fortaleza en este proceso. Gracias por estar siempre a mi lado, motivándome a alcanzar mis metas y por creer en mí en cada paso del camino.

Tabla de Contenido

Resumen	9
Abstract.....	10
1. Introducción	11
2. Determinación del Problema	12
3. Marco Teórico	15
3.1 Tomate riñón.....	15
3.1.1 Características botánicas del tomate riñón	15
3.1.2 Fisiología	16
3.1.2.5 Producción nacional del tomate riñón.....	18
3.2 Fertilización	18
3.2.1 Fertilización inorgánica	19
3.2.2 Fertilización orgánica	19
3.3 Abono orgánico.....	20
3.4 Compost.....	21
3.4.1 Compostaje	22
3.4.1.1 Fases del compostaje	23
3.4.1.1.1 Fase Mesófila	23
3.4.1.1.2 Fases Termófila o de Higienización	23
3.4.1.1.3 Fase de enfriamiento o Mesófila II	23
3.4.1.1.4 Fase de maduración.....	23
3.4.1.2 Factores que intervienen	24
3.4.1.2.1 Temperatura	24
3.4.1.2.2 Humedad	24
3.4.1.2.3 Aireación	25
3.4.1.2.3 pH.....	25
3.5 Sistemas de Compostaje	25
3.5.1 Sistemas Abiertos.....	25
3.5.1.1 Pilas Estáticas	25
3.5.1.1.1 Pilas estáticas con aireación pasiva	25
3.5.1.1.2 Pilas estáticas con aireación presurizada.....	26
3.5.1.2 Pilas con Volteo.....	26

3.5.1.2.1 Sistemas cerrados	26
3.6 Practicas Agroecológicas	27
4. Materiales y Metodología	28
4.1 Materiales	28
4.2 Métodos.....	29
4.2.1 Área de Estudio.....	29
4.2.2 Ubicación del área de estudio.....	29
4.2.3 Nivel de investigación	30
4.2.4 Diseño de investigación	30
4.2.5 Variables	30
4.2.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	31
4.2.7 Procedimiento de campo	31
4.2.7.1 Recolección del material vegetal	31
4.2.7.2 Recolección de estiércol	31
4.2.7.3 Elaboración de pilas a compostar	32
4.2.7.4 Tratamientos.....	33
4.2.7.5 Monitoreo de parámetros de campo.....	33
4.2.7.5.1 Temperatura y humedad	33
4.2.8 Toma de muestras	33
5. Resultados.....	34
5.1 Análisis químico de las muestras en Laboratorio.....	35
5.1.1 Análisis químico del elemento N (Nitrógeno) entre tratamientos.....	35
5.1.2 Análisis químico del elemento P (Fosforo) entre tratamientos	36
5.1.3 Análisis químico del elemento K (Potasio) entre tratamientos.....	37
5.1.5 Análisis químico del elemento Mg (Magnesio) entre tratamientos	39
5.1.6 Análisis químico de los diferentes sustratos	40
5.1.6.1 Materia orgánica.....	41
5.1.6.2 Conductividad eléctrica (CE)	41
5.1.6.3 pH.....	42
6. Discusión	44
7. Conclusiones	48
8. Recomendaciones	49
Referencias.....	50
ANEXOS	62
Análisis de Laboratorio.....	62
.....	63

Trabajo de Campo64

.....67

*Determinación de la calidad
de compost de tomate de
mesa (Solanum
licopersicum) con estiércol
de cobayo, ganado porcino y
ganado bovino*

Autor:

MARCOS ORLANDO ALVAREZ BAUTISTA

Resumen

El uso de compostaje como una tecnología amigable en remplazo al uso de nutrientes sintéticos para la industria agraria ha ganado fuerza con el paso de los años y por lo tanto en el marco de la sostenibilidad se propone el aprovechamiento de los residuos vegetales del tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*), combinados con estiércol de cobayo, ganado porcino y ganado bovino configurando tres tratamientos a evaluar, con el fin de determinar la calidad y el grado de valor nutricional del compost obtenido. Se estableció porciones de 66% de residuos vegetales de tomate y 34% de estiércol, los tratamientos se formularon T1 (TEC): residuos de tomate + estiércol de cobayo, T2 (TEP): residuos de tomate + estiércol porcino y T3 (TEB): residuos de tomate + estiércol bovino, con cada tratamiento se hizo tres repeticiones. Para elaborar el compost se usa el método Indore (aeróbico) con volteo semanal controlando la humedad óptima y las tomas de temperatura, las pilas fueron construidas de 1m alto, 2m de ancho y 4m de largo, al aire libre durante 12 semanas. Se tomaron las muestras de los compost maduros y se envió al laboratorio 9 muestras 3 por cada tratamiento. El análisis de varianza ANOVA revela que existen diferencias significativas entre tratamientos para los valores en porcentajes de las variables de N, P, K, Ca, Mg, materia orgánica, pH y CE; por lo que se concluyó que el compost de estiércol de cobayo es superior en calidad, nivel y valor nutricional que el tratamiento con estiércol porcino y bovino.

Palabras clave:

Abono, nutrientes totales, cuy, residuos vegetales, sustentabilidad.

Abstract

The use of composting as a friendly technology to replace the use of synthetic nutrients for the agricultural industry has gained strength over the years, and therefore, within the framework of sustainability, the use of tomato plant residues (*Solanum lycopersicum*), combined with guinea pig, pig and cattle manure is proposed in three treatments to be evaluated, in order to determine the quality and the degree of nutritional value of the compost obtained. Portions of 66% tomato plant residues and 34% manure were established, the treatments were formulated as T1 (TEC): tomato plant residues + guinea pig manure, T2 (TEP): tomato plant residues + swine manure and T3 (TEB): tomato plant residues + bovine manure, with each treatment there were three replicates. To elaborate the compost, the Indore method (aerobic) was used with weekly turning, controlling the optimum humidity and temperature, the piles were built 1m high, 2m wide and 4m long, in the open air for 12 weeks. Samples of mature compost were taken and 9 samples, 3 for each treatment, were sent to the laboratory. The ANOVA analysis of variance shows that there is a significant difference between treatments for the percentage values of the variables N, P, K, Ca, Mg, organic matter, pH and EC; therefore, it was concluded that the guinea pig manure compost is superior in quality, level and nutritional value than the treatment with swine and bovine manure.

Keywords:

Compost, total nutrients, guinea pig, plant residues, sustainability.

1. Introducción

La agricultura convencional ha impactado de manera negativa a los ecosistemas (Castillo et al., 2022), por el uso indiscriminado de productos agrícolas en el ambiente natural a través de la pulverización, lixiviación y la escorrentía en el agua, debido a labranzas repetidas y la aplicación de pesticidas, fungicidas y fertilizantes (Fenoll et al., 2014; Tilman et al., 2002).

Bajo este contexto es necesario tomar acciones, procedimientos, métodos o alternativas denominados sistemas agro productivos que garanticen la sostenibilidad y sustentabilidad sin comprometer la soberanía alimentaria producida por la agricultura, a partir de esto aparece la agroecología que toma relevancia al promover la sustitución de insumos externos a través de mecanismos naturales como la fertilidad natural del suelo (Altieri & Nicholls, 2012). Los sistemas agro productivos se ven beneficiados si son desarrollados bajo los principios de reciclar, reducir y reutilizar (Castillo et al., 2022). Existen razones para reutilizar los residuos agrícolas, entre ellas: aumentar el porcentaje de materia orgánica en el suelo, realizar una mejor gestión de los residuos orgánicos, disminuyendo los gases de efecto invernadero (Soliva & Felipó, 2002), por ende el compostaje de los desechos orgánicos permite aminorar la contaminación así como el costo de los abonos en la agricultura (Roman et al., 2013), al reutilizar, mejora la cantidad de materia orgánica en el suelo agrícola (Soliva & Felipó, 2002), con prácticas de protección de recursos naturales como el uso adecuado y eficiente de los residuos agropecuarios (Giulietti et al., 2008).

Sin embargo alternativas como la aplicación de carbono orgánico obtenido de estiércol, lodo o residuos de cultivos en el manejo de suelo, permite mejorar su estado nutricional y disminuir el riesgo de polución de los acuíferos subterráneos (Soliva & Felipó, 2002), no obstante dichos residuos deben ser compostados para asegurar la menor existencia de compuestos orgánicos de bajo peso molecular con propiedades fitotóxicas (Bastida et al., 2008), evitando los flujos de nitrógeno (N) en suelo y mitigar las emanaciones de gases causantes del efecto invernadero (Escribano ,2016). En consecuencia, la producción agrícola y ganadera permite integrar cultivos, ganado y bioenergía con la

finalidad de mitigar diversas cargas ambientales provenientes de los sistemas de producción (Xing et al., 2022).

“El compostaje recicla materia orgánica conjuntamente con otros elementos nutritivos alrededor del 50% del total de los macronutrientes contenidos en los residuos” (Segura et al., 2018), sin embargo, hay que conocer las propiedades y la finalidad del compost al que se desea lograr (Bohórquez et al., 2014). Por lo tanto, para promover prácticas agroecológicas que permitan un uso eficiente y adecuado de los residuos del sector agrícola, es necesario valorar la calidad del compost realizado partiendo de desechos de tomate combinados con estiércol animal.

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Reino Unido afirma que esparcir estiércol animal fresco o diluido en tierras agrícolas es el método más asequible y amigable con el entorno ambiental de reponer la fertilidad del suelo, manejar la humedad y controlar las plagas en conjunto con residuos de plantas (leguminosas y pastos) (Giraldo, 1993), no obstante se requieren estudios a escala de campo debido a la competencia de malezas presentes en sistemas de cultivos orgánicos de base biológica y de bajos insumos (Kravchenko et al., 2017).

2. Determinación del Problema

El compostaje es una técnica utilizada desde hace 400 años en la China (Navia et al., 2013), y es apreciada porque aporta a la renovación de los ciclos ecológicos y evita el desperdicio de residuos orgánicos (Román et al., 2013). Esta combinación aporta nutrientes, humedad y biota benéfica a los sistemas agro productivos (Camacho et al., 2018; Hernández et al., 2013), mejorando los suelos, combatiendo la erosión, aumentando la calidad y número de cultivos, además promueve la producción de alimentos sanos y disminución de residuos orgánicos (Sztern & Pravia, 1999), también reduce los costos de producción a los agricultores (Ormeño & Ovalle, 2007). Por lo tanto, las prácticas de reutilización de restos orgánicos se deben implementarse en mayor medida para una agricultura sostenible (Castillo et al., 2022). El uso de enmiendas orgánicas ha resurgido como una alternativa ambientalmente benigna para mejorar la calidad del suelo, contribuyendo al aumento en el rendimiento de los sembríos

agrícolas, la salud de las plantas y con la mejora de la supresión natural del suelo contra varios fitopatógenos (Lazarovits, 2009).

El compost de estiércol porcino mejora el número de nutrientes presentes en el suelo, convirtiéndose en una opción económica frente a la fertilización sintética (Moreno & Cadillo, 2018). Vázquez et al., (2011) menciona que el estiércol bovino aporta altos porcentajes de nitrógeno (N) al suelo, influyendo positivamente en su fertilidad y controlando el ataque de patógenos. De la misma manera, Das et al. (2017), señalan que tanto el abono compostado de bovino y el de porcino aumentan significativamente el pH del suelo, disponibilidad de nutrientes (C, N y P), la biomasa microbiana y las actividades enzimáticas del suelo. Li et al. (2017), reportaron que, la aplicación de NPK con estiércol de ganado y NPK con estiércol de porcino aumenta el carbón orgánico total (TOC), el contenido de nitrógeno total (TN) y la productividad de los cultivos en comparación con NPK de fertilización sintética. Por su parte, el compost de cobayos incrementa el rendimiento de las cosechas y aumenta los atributos físicos, químicos y biológicos del suelo mediante su efecto fertilizante, sin generar olores desagradables, lo que evita la proliferación de plagas como las moscas (Gutiérrez & Molina, 2014).

De igual manera se ha demostrado la eficacia de co-compostar biocarbón (material rico en carbono que se produce al calentar biomasa como madera, estiércol o residuos de cultivos en un ambiente con oxígeno limitado (Joseph et al., 2010)) en conjunto con estiércol animal. Esto permite un proceso de compostaje más acelerado, mayor fertilidad y potencial de secuestro de carbono (aumento de pH), beneficiando a suelos con proporciones C/N relativamente bajas, incrementando en un 10% la productividad de los cultivos (Wang et al., 2019).

El compostaje es una solución para cubrir las necesidades de materia orgánica, corregir el desequilibrio de nutrientes del suelo, minimizar los precios de fertilizantes y mejorar la calidad ambiental que los productores agrícolas necesitan para mejorar la producción. Este método puede reducir el peso de los residuos tratados en un 40% y su volumen en un 50%, mientras se produce un material que tiene valor potencial de mercado o que los mismos agricultores podrían utilizar para su beneficio en múltiples niveles (Zemanate, 2011).

De acuerdo con el censo del 2010, en el cantón Paute el 62% del área está destinada a la agricultura y la ganadería (Goyes et al., 2014), lo que genera gran cantidad de residuos orgánicos (Navia et al., 2013). El sembrado de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) representa el 30 % de la producción agrícola debido a su alto valor nutricional, con un promedio de 123.79 millones de Ton/año. En Ecuador, se siembra 2609 ha de tomate, produciendo 50552 Ton/año, de las cuales 1250 ha se cultivan en invernaderos, distribuidos en las provincias de Azuay, Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi y la región Amazónica (Alemán et al., 2016). Esto genera un gran número de residuos orgánicos, como remanentes de poda, cosechas y post cosechas, que impactan negativamente al ambiente (Román et al., 2013) contaminando el agua y suelo cuando no son tratados adecuadamente (Hernández et al., 2013).

El crecimiento demográfico, que ha aumentado hasta en un 3%, conlleva una mayor demanda per cápita a nivel mundial, así como las cantidades de residuos animales producidos (Imbeah, 1998). Los residuos animales, como el estiércol, las aguas residuales, los lodos de estanques y la mortalidad animal, contiene nutrientes que pueden reciclarse en tierras agrícolas. El compostaje es una opción empleada para la descomponer biológicamente estos materiales y estabilizarlos, obteniendo un producto libre de patógenos, estable y aplicable de manera beneficiosa a la tierra (Haug, R. 1993; Steiner et al., 2015).

Por ello el uso de tecnologías que mitiguen estos impactos negativos, como el compostaje es muy importante, debido a que aprovecha los residuos orgánicos como un recurso para una agricultura sustentable (García & Félix, 2014), transformando los residuos orgánicos, este tipo de proceso ayuda a reciclar los residuos generados en la etapa de cosecha y en el tiempo de vida útil del cultivo aportando de esta manera nutrientes y microorganismos benéficos al suelo (Roman et al., 2013).

Considerando los temas tratados, el presente trabajo pretende generar un plan alternativo que incremente la microbiota del suelo y facilite la asimilación de elementos para mejorar el rendimiento a partir de elaborados a base de desechos generados dentro de la unidad de producción. Se planteó la hipótesis que existe diferencias significativas entre los valores de las diferentes concentraciones de cada uno de los macronutrientes obtenidos en las respectivas muestras de cada tratamiento.

3. Marco Teórico

3.1 Tomate riñón

Es una hortaliza llamada también como tomate de mesa, cuyo nombre científico es *Solanum lycopersicum* originario de Sudamérica, en la región andina que abarca los diversos países que van desde Colombia hasta Chile (Bai & Lindhout, 2007). Torres (2017) menciona que esta hortaliza se caracteriza por una alta diversidad genética: existe una gran cantidad de variedades que se diferencian en apariencia, color y sabor. Además, la demanda aumenta constantemente, lo que lleva a un marcado aumento de la producción y las ventas. Cabe señalar que este aumento de la producción se debe principalmente al aumento de la productividad y no al aumento de la superficie cultivada.

3.1.1 Características botánicas del tomate riñón

El sistema de raíces de los tomates está compuesto por una raíz frágil y pequeña, llamada raíz principal, varias raíces fuertes llamadas raíces secundarias y raíces adventicias. Estructuralmente, la raíz consta de muchos pelos absorbentes que absorben agua y nutrientes, una corteza y un cilindro central que contiene xilema. (Albornoz & Hermosillo, 2008). El tallo principal tiene entre dos y cuatro centímetros de diámetro, grueso en la base, del que se desarrollan hojas, tallos e inflorescencias. Debido a su naturaleza herbácea, requiere orientación ya que no puede sostenerse por sí solo (Carvajal, 2012). En cuanto a la descripción foliar estas Tienen los bordes dentados, separados por foliolos peciolados dispuestos de forma alterna a lo largo del tallo. (Orna, 2009).

Las flores de esta especie se clasifican como hipóginas de forma helicoidal, su color es amarillo, formado por 5 o más sépalos con igual número de pétalos, creciendo en racimos simples, divididos y policotómico (Orna, 2009). Y su fruto es una baya multilobulada cuyo peso puede oscilar entre 400 y 600 gramos, según el tamaño. Está formado por: tejido placentario, pericarpio y semillas, es muy jugoso y tiene una gran

concentración de vitamina A, con una coloración que varía entre rojo y amarillo, ver Tabla 1 (Rodríguez, et al., 1997).

Nutrientes	Valor (100g)	Unidad
Agua	94,52	g
Energía	18	kcal
Proteína	0,88	g
Lípidos	0,20	g
Carbohidratos	3,89	g
Fibra total dietética	1,2	g
Azúcares totales	2,63	g
Glucosa	1,25	g
Hierro	0,27	mg
Magnesio	11	mg
Potasio	237	mg
Sodio	5	mg
Vitamina B6	0,080	mg
Vitamina K	7,9	µg

Tabla 1. Constitución bromatológica del tomate de mesa.

Fuente: USDA, (2020)

3.1.2 Fisiología

El tomate riñón siendo una hortaliza rica en vitaminas, presenta una germinación epigea que debe cultivarse en climas cálidos o invernaderos, con temperaturas ideales entre 18 y 24 °C. Tolera temperaturas extremas entre 8,5 y 35°C, pero no se desarrolla a temperaturas menores a 0 °C. La germinación ocurre de 8 a 10 días luego de haberlas sembrado, dependiendo del ambiente, ver Figura 1 (León y Castillo, 2010).

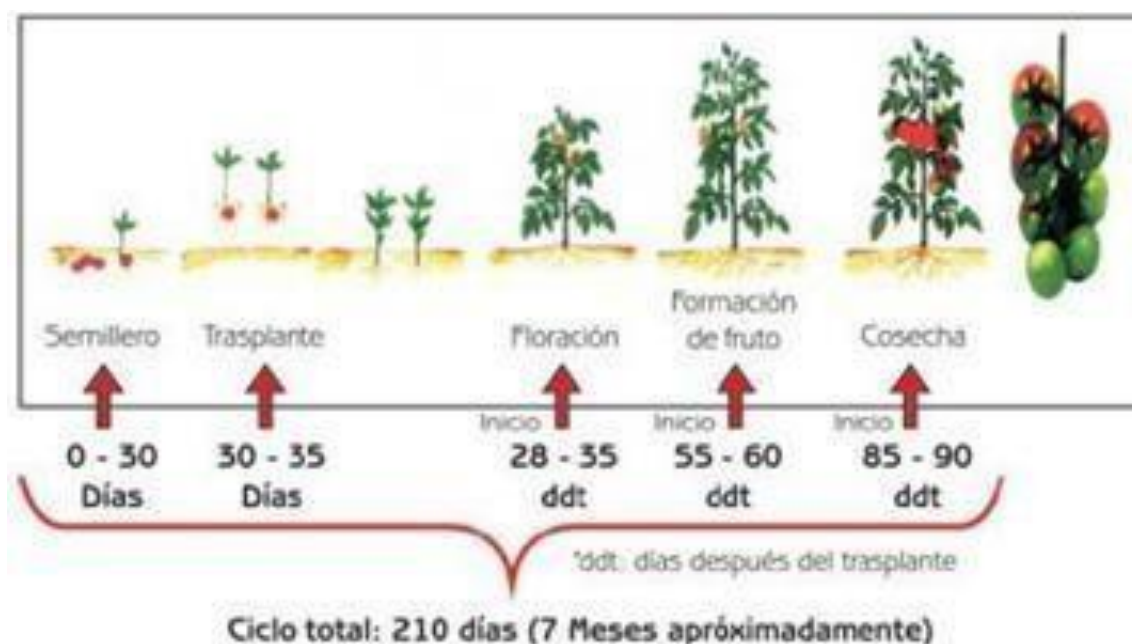


Figura 1. Fenología del cultivo de tomate

Fuente: (Jaramillo et al., 2006)

La floración es un proceso complejo en el que influyen muchos factores diferentes, tales como: temperatura, variedad, fertilización, procesamiento regulador de crecimiento y luminosidad (Orna, 2009). El tiempo necesario para que el ovario fertilizado se desarrolle y madure el fruto es de siete a nueve semanas, dependiendo de la variedad, la ubicación del racimo y las condiciones ambientales. La humedad adecuada en esta etapa es importante para obtener fruta de alta calidad (León y Castillo, 2010). La maduración final ocurre aproximadamente ochenta días después de la siembra, dependiendo de la nutrición, variedad y condiciones climáticas. La cosecha puede tardar entre 180 y 210 días después de la siembra (Jaramillo et al., 2006).

3.1.2.5 Producción nacional del tomate riñón

La segunda hortaliza más importante del mundo es el tomate de mesa, debido a su producción y consumo. Es ampliamente aceptado porque su consumo puede evitar enfermedades como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y enfermedades neurodegenerativas (Dorais, Ehret, & Papadopoulos, 2008). Beckles (2012) añade que, son fuente de vitaminas A, C, fibra y licopeno. En Ecuador se ha incrementado el cultivo en invernadero y se han establecido considerables zonas de cultivo. (Ausay, 2015), preponderando cuatro provincias: Azuay, Imbabura, Tungurahua y Pichincha. El área total cultivada en Ecuador es de 3,054 hectáreas con una producción de 61,426 TM y con un total de 7,772 UPAs, con una concentración del 60% de la producción, en la provincia de Tungurahua (INEC, 2018).

3.2 Fertilización

Smart Fertilizer Management (2017) indica que la siembra de tomates precisa una fertilización regular debido a los requisitos nutricionales. La clave para aumentar los rendimientos es utilizar la mezcla de abonos adecuada, en la dosificación y momento adecuados. Se requiere nitrógeno durante las primeras etapas de crecimiento para garantizar un crecimiento vigoroso de las plantas de semillero, y el máximo consumo se produce justo antes de la floración. El fósforo es fundamental en las primeras fases del desarrollo de las plantas para afianzar un buen crecimiento de las raíces y una floración óptima. El potasio y el calcio se requieren más que el nitrógeno.

En muchos casos, el fósforo y el calcio son tan importantes como el nitrógeno. La planta aprovecha más del 60% del nitrógeno, fósforo y potasio para para destinarlo al fruto. (YARA, 2016). En el curso del proceso de crecimiento, las plantas necesitan recibir nutrientes adicionales en comparación con la cantidad de nutrientes proporcionados al suelo antes de trasplantar. Esto se determina como fertilización de proceso, que reemplaza los nutrientes del suelo absorbidos por las plantas y así previene otras deficiencias o desequilibrios nutricionales. (Brentrup, Hoxha & Christensen, 2016)

Las necesidades nutricionales de las plantas varían según la etapa de crecimiento, la variedad y las condiciones climáticas (ver tabla 2). Una vez establecido el cultivo, se pueden proporcionar nutrientes adicionales a través de una estructura de irrigación (Escobar & Lee, 2009).

Nutriente	Kg/ha
N	275
P2O5	100
K2O	500
CaO	150
MgO	100
S	75

Tabla 2. Demanda nutricional para tomate de mesa bajo invernadero. Fuente: Tjalling (2006)

3.2.1 Fertilización inorgánica

Es el proceso de elaboración de abono mediante procedimientos industriales de carácter físico o químico, cuya composición se encuentra en forma mineral altamente soluble en agua. Los principales nutrientes utilizados en la industria encontramos el N, P y K, debido a que son primordiales para el crecimiento y el buen desarrollo de los cultivos (Peláez, 2015)

Los fertilizantes inorgánicos se descomponen rápidamente en el suelo en comparación con los abonos orgánicos, lo que provoca una mayor posibilidad de contaminación de los elementos naturales del medio ambiente (agua, aire, suelo). La principal fuente de contaminación son los fertilizantes nitrogenados y fosfatados, que afectan las propiedades del suelo. Los escurrimientos causan contaminación del agua o, en ocasiones, escapan a la atmósfera, afectando la calidad del aire y contribuyendo al incremento de la emisión de los gases que causan el efecto invernadero, lo que a su vez impacta al cambio climático (Guo et al., 2010; Ju et al., 2009).

3.2.2 Fertilización orgánica

Los abonos o fertilizantes orgánicos se consideran biodegradables y en su mayoría son de origen vegetal o animal. Los abonos orgánicos más comunes incluyen estiércoles, residuos sólidos urbanos, residuos de la industria alimentaria, residuos de cultivos y diferentes tipos de compost, como el vermicompost, el compost de residuos de cocina y efluentes de destilerías. Según Bruun et al. (2006), la materia orgánica usada como fertilizantes no sólo proporcionan nutrientes esenciales a las plantas, sino que también enriquecen el suelo y reducen el requerimiento de micronutrientes comúnmente ingresados por medio de fertilizantes químicos y eliminan la necesidad de su consiguiente gestión o eliminación.

Por lo tanto, la MO (materia orgánica) se considera la forma más eficiente de reciclar nutrientes en el sistema del suelo. Además de nutrientes, actúan como buenas enmiendas y acondicionadores del suelo y pueden reducir la dependencia de los fertilizantes no renovables como los combustibles fósiles para la producción de fertilizantes (Naeem et al., 2020). Si se utilizan adecuadamente en la producción de cultivos, son capaces de suministrar nutrientes esenciales a los cultivos y revivir suelos estériles o infértiles, además de proporcionar un mayor rendimiento de los cultivos en la agricultura (Schuchardt, 2004).

3.3 Abono orgánico

La utilización de desechos orgánicos convirtiéndolos en fertilizante orgánico promueve el sano desarrollo de las plantas ayudando a mejorar las características del suelo. Según Ramos & Terry (2014) El empleo de compost reemplaza recursos no renovables y convierte los desechos en un sustrato útil.

Los fertilizantes orgánicos tienen propiedades que afectan significativamente el suelo; por su color oscuro asimilan más radiación solar, gracias a lo cual el suelo gana, mantiene la temperatura y también facilita la absorción de nutrientes. Estos fertilizantes contribuyen mejorando la composición del suelo, haciendo que los suelos arcillosos sean más ligeros y los arenosos más compactos, ayudando a que se desarrolle una mejor infiltración del agua y favoreciendo el drenaje y la aireación. Además, reducen la erosión

hídrica y eólica y aumentan la retención de agua, asegurando una mayor disponibilidad de agua durante los períodos secos (B.digital Zamorano,s/f).

Se contribuye a una optimización de las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo con la integración de materia orgánica. Desde una perspectiva de biorremediación, la flora microbiana aportada en la adición de materia orgánica contribuye a la neutralización de sustancias tóxicas como el trinitrotolueno (TNT), la fenilciclidina (PCP), los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), la gasolina y los diferentes tipos de aceites. El incremento de la labor microbiana mejora la movilización de nutrientes y, cuando mueren, estos organismos atacan rápidamente el suelo, enriqueciendo su composición. (García et al, 2014).

3.4 Compost

El compost se ha transformado en el sustrato ideal para el cultivo de plantas en invernaderos y viveros (Ollo, 2014). Tiene varios beneficios ambientales, incluido el suministro de nutrientes y la retención de carbono, el control de plagas del suelo y una mayor biodiversidad, calidad nutricional y productividad (Martínez et al., 2013). El abono, el vermicompost, el abono bokashi y el fertilizante de nenúfar son cuatro de los fertilizantes orgánicos más utilizados, cada uno de los cuales utiliza desechos vegetales y animales para transformarlos en materia orgánica o humus (Cipriano, 2014).

Los fertilizantes orgánicos se crean como resultado de la descomposición aeróbica (en presencia de aire) de desechos vegetales y animales en ambientes cálidos y húmedos. Se puede potenciar este tipo de fertilizantes usando cal agrícola, cal dolomita, roca fosfórica y sulfomag. Para acelerar el proceso de descomposición de los diferentes materiales, es necesario realizar una inoculación con microorganismos eficaces (Barreros, 2017).

Fuente	pH	MO (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	% Humedad
Estiércol vacuno	7,2	0,85	1,52	6,83	0,12	8,8	1,7	57,9
Estiércol cerdo	6,1	0,95	1,4	4,42	0,08	6,5	0,42	53,6
Estiércol cobayo	10	0,5	0,7	0,05	0,31	8,05	4,5	45

Tabla 3. Composición fisicoquímica de los diferentes tipos de desechos orgánicos de origen animal.

Fuente: Pérez et al, (2008); Barreros, (2017).

3.4.1 Compostaje

Es un proceso aeróbico, dirigido y supervisado que permite la descomposición rápida de residuos orgánicos con el fin de obtener bajo costo y alta eficiencia en los abonos. Esta transformación se caracteriza por una alta actividad metabólica microbiana, lo que genera diferentes etapas de crecimiento debido a las condiciones del proceso: exponencial, estacionaria y sucesión de grupos de organismos (Epstein, 2011; Stentiford & de Bertoldi, 2010). En este proceso intervienen actinomicetos, hongos y bacterias, que descomponen los residuos orgánicos, mientras que lombrices y protozoarios transforman estructuras orgánicas para facilitar su disposición a las bacterias (Li et al., 2017).

En el compostaje se diferencian dos etapas principales, la descomposición y la estabilización. La primera consiste en que los microorganismos aerobios mesófilos transforman los azúcares, proteínas, aminoácidos y almidón a especies inorgánicas y orgánicas de composición sencilla (Oviedo-Ocaña et al, 2017). El aumento de la temperatura incide directamente con la tasa de degradación, lo que facilita la reducción de patógenos e incrementa la actividad biológica, mientras disminuyen los nutrientes y la materia orgánica de fácil degradación.

En la segunda etapa, las moléculas más complejas se descomponen, lo que provoca una disminución del pH hacia un rango ligeramente alcalino y una caída de la temperatura hasta finalizar el proceso. Durante esta fase, predominan los microorganismos mesófilos y actinomicetos, que lentamente degradan la celulosa, hemicelulosa, almidón y ligninas, las cuales son indispensables para la síntesis de sustancias húmicas.

3.4.1.1 Fases del compostaje

3.4.1.1.1 Fase Mesófila

Durante esta fase, el compost alcanza una temperatura hasta 45°C, debido a la actividad microbiana que genera C y N, induciendo la producción de calor. El pH desciende entre 4 y 4,5 producto de la descomposición de mezclas solubles como los azúcares que crean ácidos orgánicos. Esta fase tiene una duración entre 2 a 8 días (Zurita, 2015).

3.4.1.1.2 Fases Termófila o de Higienización

Conocida también como la fase de fermentación lenta, se da un incremento de organismo termofílicos (bacterias y hongos), que degradan rápidamente la materia orgánica. Esto garantiza el proceso de higienización del compost y anulación de gérmenes patógenos, larvas y semillas gracias al incremento de temperatura entre 60 y 70°C (Ministerio de Ambiente Buenos Aires, 2022).

3.4.1.1.3 Fase de enfriamiento o Mesófila II

En esta fase, la temperatura comienza a disminuir cuando aparecen los microorganismos, estos consumen los materiales más biodegradables.

3.4.1.1.4 Fase de maduración

Puede durar a temperatura ambiente varios meses, mientras los cuales producen reacciones de polimerización y condensación secundaria de compuestos de carbono, que conducen a la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. Esta es una fase de enfriamiento lento donde la materia orgánica más reciente empieza a degradarse, un proceso que dura entre 2 a 4 meses (Román, Martínez & Pantoja, 2013).

3.4.1.2 Factores que intervienen

Factores como la ventilación, humedad, el tipo de residuo y cantidades son importantes para maximizar la labor microbiana y por ende la velocidad de degradación. La ventilación en las tres primeras etapas debe ser adecuada pero no excesiva ya que el sol puede secar demasiado el compost. La humedad se debe mantener en el rango de 40 a 60 %, debido a que el agua ayuda la distribución de los nutrientes (Felipó M.T, Soliva M, 2003; Quishpe M, 2017).

3.4.1.2.1 Temperatura

Las temperaturas óptimas son fundamentales para alcanzar los objetivos de saneamiento, degradación rápida, evaporación del agua y humificación. Deben evitarse las temperaturas bajas ya que ralentizan la actividad biológica y provocan modificaciones químicas en la materia orgánica. Las temperaturas bajas no son deseables porque no se alcanzan los objetivos de remediación. Las altas temperaturas se atribuyen a la actividad biológica, ya que el calor se genera por la lisis de los enlaces de carbono en el proceso de biodegradación. El flujo de calor es un indicador del éxito del compostaje y puede regularse mediante la aireación (eliminación del calor por ventilación o volteo). En términos más generales, la generación y conservación metabólica de C y N, la temperatura, la ventilación y la humedad son los cuatro factores que interactúan durante el desarrollo del abono orgánico (Azim et al., 2018)

3.4.1.2.2 Humedad

Para un buen desarrollo microbiano, el porcentaje de humedad óptimo debe estar entre el 50 y 70%. Por debajo del 30% de humedad, por otro lado, el agua desplaza el aire de los espacios vacíos del compost cuando la humedad alcanza porcentajes superiores al 70%, limitando la penetración de oxígeno y provocando actividad anaeróbica, provocando olores desagradables y ralentizando el proceso (Cipriano, 2014).

3.4.1.2.3 Aireación

La tasa de aireación es crucial en la producción de compostaje, al regular el crecimiento adecuado de una comunidad microbiana aeróbica (Manu, Kumar & Garg, 2019). La aireación garantiza un mejor suministro de oxígeno, lo que incrementa la actividad microbiana y permite una descomposición eficiente, derivando en una mayor formación de gérmenes, una descomposición eficiente y la emisión de gases, variables que intervienen en la optimización de la producción de compost (Richard et al., 2002).

La aireación restringe el proceso de digestión anaerobia, limitando la producción del producto metabólico intermedio (COV) y H₂S y NH₃, que son los principales componentes de los gases olorosos (Xiong et al., 2015)

3.4.1.2.3 pH

El pH actúa de manera directa en el compostaje, influyendo en la dinámica de los procesos microbianos. Durante las etapas iniciales del compostaje, a causa de la generación de ácidos orgánicos como el láctico y el acético que proceden de la degradación de compuestos orgánicos el pH disminuye. Los ácidos grasos de cadena larga son bien conocidos por su potencial de emisión de olores (Andraskar et al., 2021).

3.5 Sistemas de Compostaje

3.5.1 Sistemas Abiertos

3.5.1.1 Pilas Estáticas

3.5.1.1.1 Pilas estáticas con aireación pasiva

En el sistema pasivo, se colocan tubos perforados en las pilas para proporcionar entrada de aire en la chimenea. Los extremos de estos tubos están abiertos, lo que permite el desplazamiento de aire hacia las tuberías y luego hacia la chimenea debido al ascenso de gas caliente. La altura de la pila de compost debe ser de 0,9-1,2 m. La mezcla debe colocarse sobre un suelo de paja, musgo de turba o compost terminado para absorber la humedad, evitar las moscas, ayudar a retener el olor y el amoníaco, y para aislar la pila secuenciada. Los tubos de ventilación se colocan sobre el suelo cubierto de turba o

compost. Una vez finalizado el compostaje, se retiran los tubos y los materiales del compartimento se mezclan con el compost (Argun et al., 2017). Es un método utilizado para el compostaje de las heces de los animales que proviene de la casa de leche con bovinos y pequeñas explotaciones ganaderas (Argun et al., 2017).

3.5.1.1.2 Pilas estáticas con aireación presurizada

El sistema de ventilación a presión garantiza que la ventilación constante, reduciendo el tiempo de compostaje y los olores al compostar sustancias odoríferas como lodos de depuradora. Para mantener la temperatura y el volumen de oxígeno en el rango deseado, se colocan tubos perforados bajo las pilas a intervalos tan altos como la altura de estas. Uno de los tubos está conectado al suministro de aire a presión y el otro está cerrado. Si la temperatura del lote se mantiene entre 55 y 65 °C, el compostaje se completa entre 1-2 meses, seguido de 2 meses para la maduración. La altura de las pilas de ventilación presurizadas varía entre 2 y 5 m y su anchura se elige dos veces la altura. Si la anchura de la chimenea se elige mayor a la relación antes descrita, los tubos de ventilación deben instalarse a intervalos tan altos como la altura (Azim et al., 2018; Quishpe, 2017).

3.5.1.2 Pilas con Volteo

Este es uno de los métodos más baratos y asequibles. Este método se caracteriza por la remoción periódica de la pila para uniformar la mixtura y su temperatura, suprimir el exceso de calor, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación. Por cada volteo realizado la temperatura desciende entre 5 y 10 °C, elevándose nuevamente si aún no ha terminado el proceso (Andalucia Luz, 2000).

3.5.1.2.1 Sistemas cerrados

Este tipo de técnicas facultan una mejor inspección de los parámetros del proceso de compostaje, reduciendo los tiempos de retención y permitiendo que el proceso avance de forma continua. El compostaje se realiza en reactores cerrados, lo que genera un mayor coste de inversión en instalaciones. Es así que al integrar al sistema de compostaje un reactor cerrado o un área cerrada (como un edificio) en la que los

residuos estén totalmente contenidos; y por las accesibilidades del mismo se demuestre la existencia de sistemas eficientes de reducción de la gestión del aire. Esto puede abarcar una amplia gama de tecnologías y, cuando sea necesario, cumplir la normativa mediante metodologías más controladas sobre subproductos animales (Andalucía Luz, 2000).

El almacenamiento, tratamiento físico y compostaje de residuos se realizará en una superficie impermeable con sistema de drenaje sellado evitando la contaminación derivativa al medio ambiente. La higienización de los residuos se efectúa en un sistema cerrado que incorpore un biofiltro y/o un sistema de reducción equivalente. El biofiltro o sistema de reducción equivalente se diseña, utilizará y utilizará para reducir al mínimo la liberación de olores, bio aerosoles y microorganismos siendo más sostenibles (Andalucía Luz, 2000; Schuchardt, 2004).

3.6 Practicas Agroecológicas

La Agroecología permite analizar los procesos agropecuarios y agrícolas de forma interdisciplinaria, integrando elementos agronómicos, ambientales, socioculturales, políticos y económicos, combinando conocimientos tradicionales y procedentes de la ciencia con una co-creación de saberes en dimensiones sociales, económicos y ambientales (Contreras, 2019).

En este contexto, la agroecología es una alternativa para el desarrollar, aumentar y mantener la fertilidad del suelo mediante prácticas agroecológicas, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad y pérdida de suelos, agua y bosques. Como resultado, se promueve un agroecosistema resiliente, sostenible y acorde con las necesidades y potencialidades de los campesinos.

A la horticultura se le dedica particularmente la mejor tierra, el mejor clima, los máximos cuidados y responde con producciones elevadas, de alta calidad. Otra característica fundamental es la gran diversidad de especies y variedades de plantas utilizadas por los horticultores, lo que permite diseños espaciales y temporales complejos que incorporan ciclos de cultivo de diferentes duraciones con las características de diferentes variedades dentro de cada especie y familia de plantas.

Esto significa que se han encontrado y aplicado plenamente técnicas agronómicas clásicas en los sistemas hortícolas: rotación de cultivos, asociaciones, abono verde. Los modelos sostenibles, además de prácticas agronómicas adecuadas, también deben tener en cuenta otras exigencias como la promoción de la proximidad al consumidor, el suministro estacional de cultivos y el empleo efectivo de los recursos locales, que ponen de relieve el uso racional de los residuos orgánicos y la energía. (Oltra y Porcuna, 2012).

Los desechos más comunes que se convierten en abono son los desechos gruesos, como cáscaras de frutas y verduras, recortes de césped, aserrín, hojarasca, cáscaras de huevo, papel y cartón sin entintar, suero de productos lácteos, estiércol, cenizas o carbón vegetal, desechos de cosechas y cáscaras de arroz. (Ramos et al., 2007).

Es importante manipular los residuos preparados con cuidado, ya que pueden contener un exceso de sales, que pueden ser tóxicas para las plantas. Aunque los desechos como los huesos, la sangre y la carne promueven el desarrollo y generan roedores, moscas y plagas, deben tratarse bajo un control adecuado antes de poder utilizarse. Los parámetros que debemos tener en cuenta son la temperatura, el pH, la humedad, la aireación, el oxígeno y los microorganismos. (Joseph et al., 2010).

La temperatura es importante durante la etapa de descomposición porque temperaturas más altas aseguran la calidad y calidad del compost. La temperatura está relacionada con otros parámetros, por lo que es necesario comprobar si la temperatura está aumentando y realizar un procedimiento para eliminar la falta o el exceso que se produce. Además, cabe destacar que esto ocurre con el compost si no pasan por etapas de descomposición y son nocivos para la salud humana y vegetal (Velasco, 2020).

4. Materiales y Metodología

4.1 Materiales

Se describen a continuación (Tabla 4) los materiales usados en la presente investigación.

Físicos	Biológicos
Palas	Residuos vegetales tomate riñón
Recipientes	Estiércol animal porcino
Trinches	Estiércol animal bovino
Carretillas	Estiércol animal cobayo
Mangueras	Agua
Machetas	

Tabla 4. Materiales Físicos y Biológicos. Fuente: Autor

4.2 Métodos

4.2.1 Área de Estudio

La elaboración del compost se ejecutó en la Unidad Educativa Agronómico Salesiano (Latitud: -2.833264; Longitud: -78.766151) ubicada en la parroquia Chicán del cantón Paute a 2.200 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) con una temperatura ambiental promedio de 18°C y una precipitación anual de 1045 mm.

4.2.2 Ubicación del área de estudio

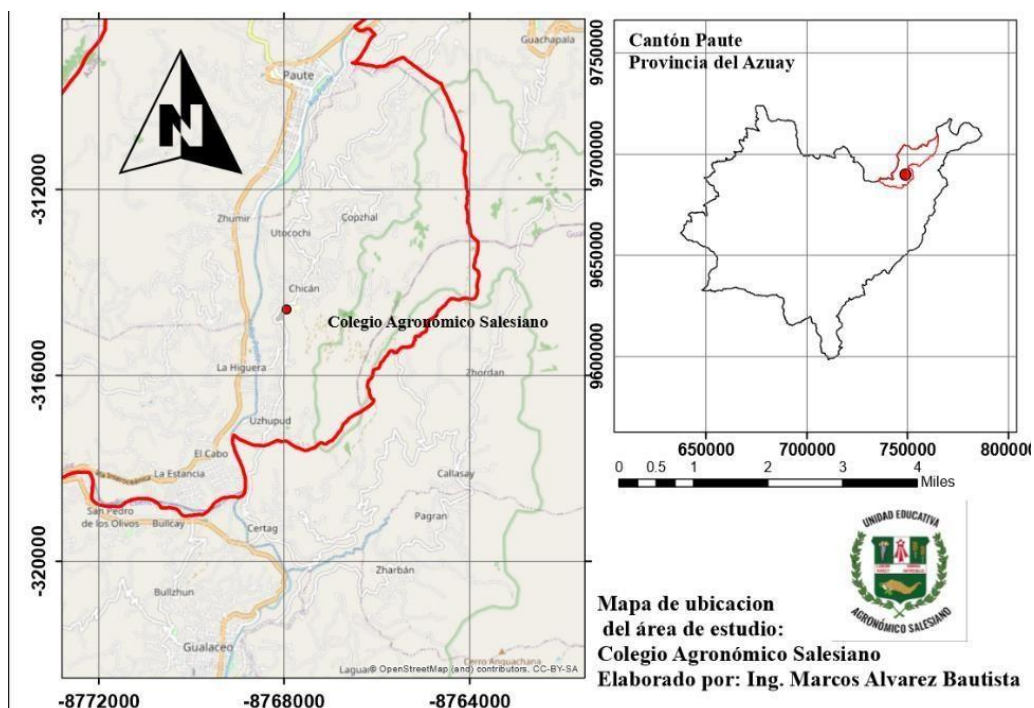


Figura 2. Localización de la zona de estudio.

Elaborado por: Autor.

Fuente: Instituto Geográfico Militar, Ecuador

4.2.3 Nivel de investigación

Evaluar la calidad del compost obtenido de material vegetal de tomate de mesa constituye un nivel experimental, debido a que se realiza un análisis individual de tres estiércoles y se compara en términos de calidad, nivel y grado nutricional.

4.2.4 Diseño de investigación

El diseño de investigación es experimental, porque se sometió al material vegetal de tomate de riñón o de mesa (*Solanum lycopersicum*) al compostaje en pilas con tres tipos de estiércol: cobayo, ganado porcino y bovino y con un criterio cuantitativo, ya que se fijaron hipótesis y variables de análisis, que se examinaron estadísticamente con el objetivo de cuantificar y cotejar la calidad de los biofertilizantes obtenidos (Figura 3).

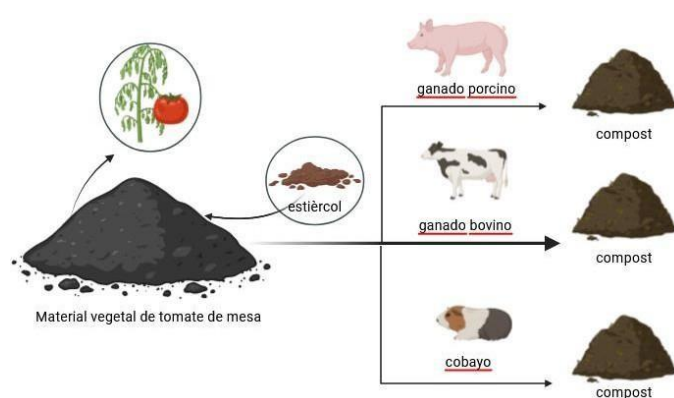


Figura 3. Gráfico del diseño de investigación. Fuente: Autor

4.2.5 Variables

Como variable independiente presentamos el estado del material vegetativo del tomate riñón, los 3 tipos de estiércol y condiciones ambientales.

Y las variables dependientes para el presente son la Humedad relativa, pH, contenido de nutrientes, materia orgánica y temperatura del compost.

4.2.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se empleó gráficos y tablas que permiten el análisis e interpretación de los resultados. Para el análisis estadístico se tabuló una base de datos obtenidos en campo el programa Excel y posteriormente se analizó mediante el software R (R Core team, 2022). Se usó el análisis de varianza ANOVA, para evaluar la existencia de posibles diferencias significativas, y posterior a este se empleó como Post hoc la HSD de Tukey (p valor <0.05). A través de gráficas de caja y bigotes se expusieron los resultados para cada variable analizada.

4.2.7 Procedimiento de campo

4.2.7.1 Recolección del material vegetal

Los residuos orgánicos de los cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum* Pietro) se recolectaron del sistema de cultivo bajo invernadero de producción del Centro de formación agropecuario (Granja pedagógica); considerando que fueron plantas maduras de más de 6 meses, recolectadas en tres invernaderos de 4000 plantas cada uno. Este proceso abarco un tiempo de 40 días; el cual incluye el tiempo de picado del material para etapas siguientes.

4.2.7.2 Recolección de estiércol

Estiércol bovino: Se recolecto de un establo de la granja pedagógica, proveniente de 35 vacas Holstein semitabuladas, en un lapso de 35. La alimentación de estas consistía en una dieta de forrajeo de Kikuyo silvestre por las mañanas, y por el periodo de la tarde-noche una mezcla de Rey Grass con Alfalfa.

Estiércol de cobayo: Se recolecto en dos meses, con una frecuencia de colección de cada 15 días, de un total de 600 cobayos, de la línea genética Peru. Las fosas no cuentan con cama y eran alimentados con pasto alfalfa.

Estiércol de porcino: El estiércol porcino se recolecto en un lapso de 70 días. Mediante el uso de un estercolero se colecto hasta ajustar la cantidad deseada para el presente. La raza de este grupo animal son un cruce de *Largwhite* y *Yorkshire*, considerados como animales *F1*; alimentados con balanceado de la marca comercial Pronaca®.

4.2.7.3 Elaboración de pilas a compostar

Se realizó bajo la técnica de sistema abierto, la cual consiste en capas alternadas de estiércol y residuos de cosecha de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum* Pietro) hasta alcanzar una altura de 1 m por 2 m de ancho y 4 m de largo. Cada pila contenía material picado (trozos irregulares entre 15cm a 20cm realizados con machete) de desechos vegetales frescos y/o secos del tomate como factor aleatorio por el proceso de colecta del material (3 capas de 25cm de alto) + estiércol (2 capas de 15cm alto)+ agua para obtener una humedad de 60% aproximadamente. Las capas se colocaron alternado material vegetal y estiércol. El método de control es descrito en el siguiente apartado.

Este diseño se cumplió completamente al azar de tres repeticiones con cada tipo de estiércol, es decir 9 pilas de compostaje.

Cada pila fue volteada una vez por semana durante 12 semanas, usando palas grandes, donde a su vez se llevó a cabo el control de las variables de temperatura y humedad.

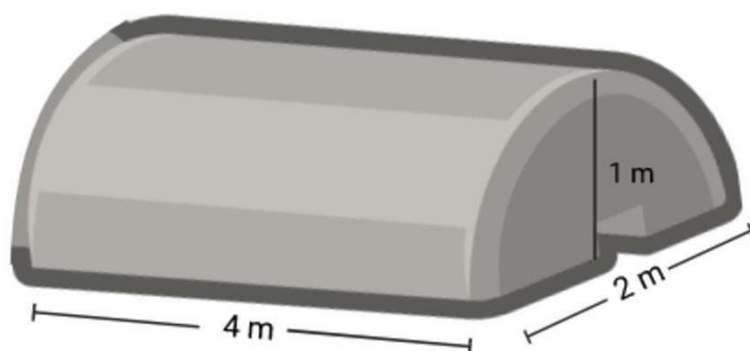


Figura 4. Dimensiones de la pila de compostaje

Fuente: Autor

4.2.7.4 Tratamientos

A continuación, se describe los tres tratamientos que representaron 3 repeticiones cada uno.

TRATAMIENTOS		
T1	T2	T3
TEC*	TEP**	TEB***
RT (800Kg) (66%)	RT (800Kg) (66%)	RT (800Kg) (66%)
Estiércol	Estiércol Porcino	Estiércol Bovino
Cuy (400Kg) (34%)	(400Kg) (34%)	(400Kg) (34%)

Tabla 5. Conformación de los tratamientos (RT: Residuos vegetales de tomate de mesa).

Fuente: Autor

* Tratamiento Estiércol de cobayo + residuos vegetales de tomate

** Tratamiento Estiércol de porcino + residuos vegetales de tomate

*** Tratamiento Estiércol de bovino + residuos vegetales de tomate

4.2.7.5 Monitoreo de parámetros de campo

4.2.7.5.1 Temperatura y humedad

Se registró la temperatura y humedad dos veces por semana durante 12 semanas, con la finalidad de diferenciar e identificar las fases de descomposición de la materia orgánica y determinar el efecto de este factor. Cada inspección se realizó en tres puntos aleatorios de la pila, a tres diferentes horas siendo estas mediciones a las 8h00, 12h30 y 17h00. Procesos que se llevó a cabo con el Termohigrómetro Hanna®.

El porcentaje de humedad se conservó entre el 50% y 60%, monitoreando diariamente, aproximadamente a las 11h00, con el termohigrómetro antes mencionado. En el caso que la humedad varíe de forma negativa se procedía a regar para aumentar la humedad.

4.2.8 Toma de muestras

A las 12 semanas se tomaron 5 muestras de secciones aleatorias de la pila de compostaje, a una profundidad aproximada de 20 centímetros evitando de esta forma

las partes menos maduras del compost, estas fueron homogenizadas para obtener una muestra compuesta de 1 kg, el material obtenido se empaquetó en bolsas plásticas con cierre hermético y fueron enviadas al laboratorio. Previamente tamizadas con un ancho de malla amplio con el fin de evitar material vegetal restante, y rotuladas para su análisis, los cuales se realizaron en AGROBIOLAB CIA. LTDA.

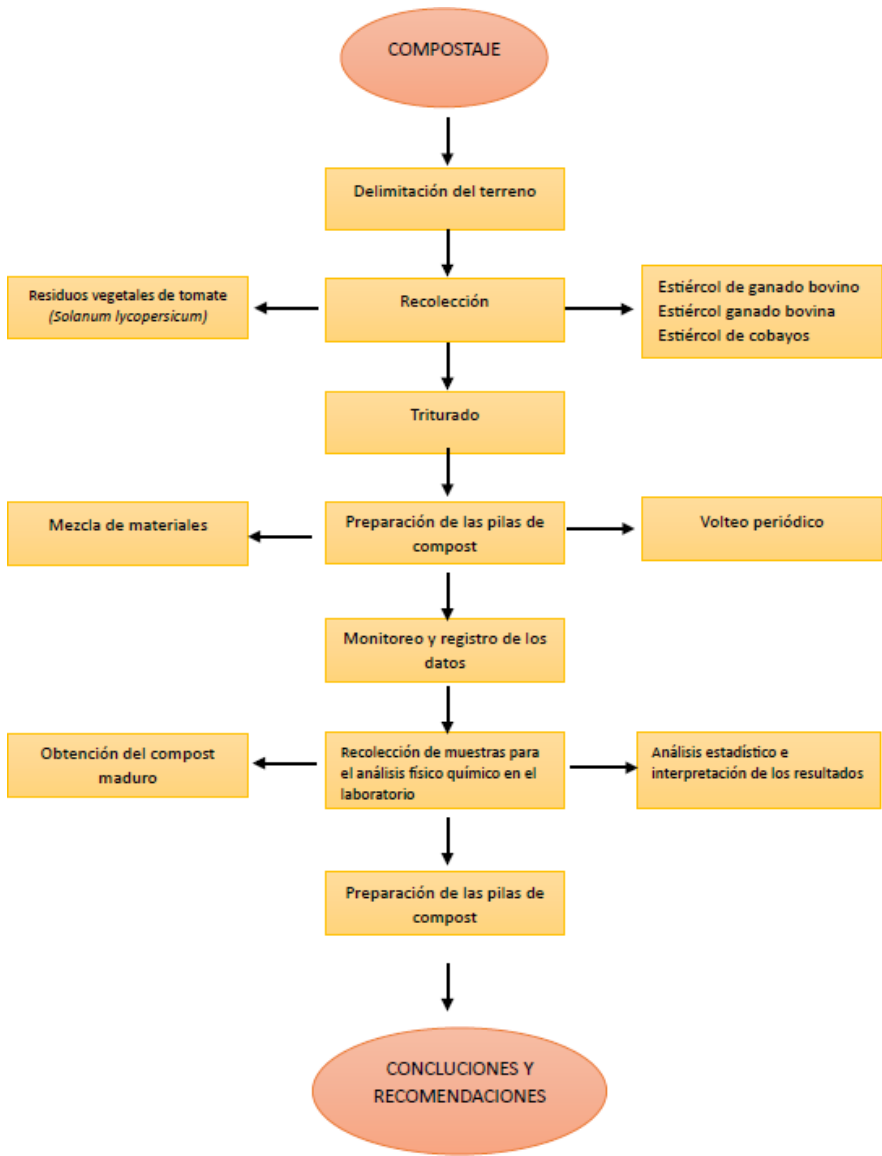


Figura 5. Flujograma de la elaboración del compostaje

5. Resultados

5.1 Análisis químico de las muestras en Laboratorio

Los resultados obtenidos en laboratorio se describieron según el elemento evaluado y la diferencia estadística entre cada tratamiento que se empleó para este trabajo así mismo después de cada ANOVA se empleó como Post hoc la HSD de Tukey (confidencialidad de 5%) y los datos fueron representados en gráficas de caja y bigotes con el fin de explicar la plasticidad de las variables evaluadas. Para todo este procedimiento se usó la interfaz de R Project, RStudio (R Core Team, 2022).

5.1.1 Análisis químico del elemento N (Nitrógeno) entre tratamientos

Este elemento fue analizado considerando la disponibilidad para nitrógeno orgánico.

N					
Tratamientos	Media	Desv. Est.	F-Valor	P-valor	Interpretación
TEP + TR	1,86	0,2	39,24	0,00358*	Significativo
TEC + TR	2,22	0,25			
TEB + TR	0,92	0,1			

Tabla 6. ANOVA para la variable N (%) e interpretación estadística.

*p valor < 0.05;

** p valor < 0.001;

*** p valor < 0.0001.

Para el tratamiento con estiércol porcino se alcanzó una media de 1.86 % de contenido de nitrógeno, a diferencia del tratamiento con estiércol de cobayo siendo esta mayor con un valor de 2.22% de contenido de N, en el tratamiento 3 (compost a base de estiércol bovino) se dio el valor menor obtenido entre los tres tratamientos con un valor de 0.92% de contenido de nitrógeno, de acuerdo a lo expresado en la Tabla 6, el ANOVA mostro que para el tratamiento TEP+TR (valor $p < 0.005$) presenta diferencias estadísticamente significativas a contrastar con los demás tratamientos.

En la Figura 5 se observa un diagrama de cajas y bigotes como resultado de un post hoc para entender la diferencia entre tratamientos en la cual la misma letra significa que estadísticamente son similares y de manera contraria presenta la no diferencia significativa, considerando este criterio, observamos que el tratamiento a base del

compost de origen porcino y de cobayo son estadísticamente similares a diferencia del tratamiento a base del compost bovino.

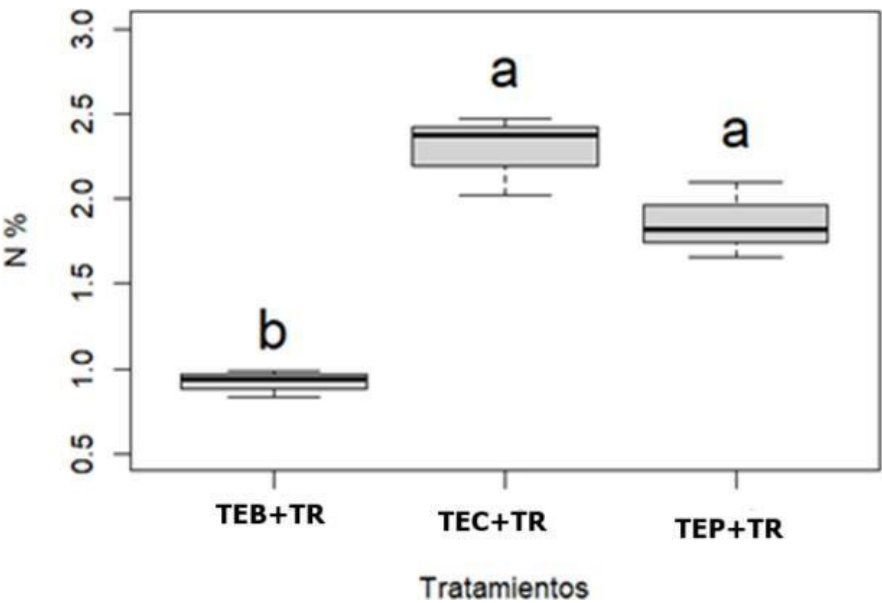


Figura 5. Gráfico de cajas y bigotes para los diferentes tratamientos con prueba HSD Tukey 5% en N%.

Fuente: Autor

5.1.2 Análisis químico del elemento P (Fosforo) entre tratamientos

Se describen los resultados de fosforo total para los tratamientos evaluados en la presente investigación.

P2O5					
Tratamientos	Media	Desv. Estándar	F-Valor	P-valor	Interpretación
TEP + TR	7,10	1,3	215,7	<0,0001 ***	Significativo
TEC + TR	3,13	0,85			
TEB + TR	1,00	0,2			

Tabla 7. ANOVA para la variable P2O5

*p valor < 0.05; ** p valor < 0.001; *** p valor < 0.0001

Para los tres tratamientos valorados en el presente estudio notamos que el valor de la media muestra variaciones significativas, siendo el tratamiento a base de compost

porcino con una mayor concentración de fósforo, valor de 7,10%, a diferencia del tratamiento de cobayo y bovino, llegando a ser estos valores menos representativos. Se aprecia diferencias significativas entre los tratamientos (valor $p < 0.0001$), posterior a esto en la Figura 6 a continuación se observa el post hoc que evidencia el criterio estadístico según la letra que lleve cada tratamiento, rectificando la alta concentración de P_2O_5 para el sustrato a base de compost porcino mostrando la diferencia en relación a los demás tratamientos.

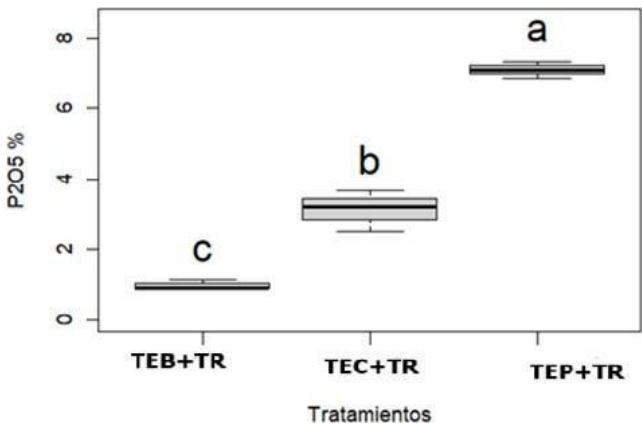


Figura 6. Gráfico de cajas y bigotes para los diferentes tratamientos con prueba HSD Tukey 5% en P %.

Fuente: Autor

5.1.3 Análisis químico del elemento K (Potasio) entre tratamientos

Se obtuvo el porcentaje de potasio total disponible, en las 3 repeticiones de cada uno de los 3 tratamientos.

K2O5					
Tratamientos	Media	Desv. Estándar.	F-Valor	P-valor	Interpretación
TEP + TR	1,50	0,2	27,94	<0,0001***	Significativo
TEC + TR	3,15	0,65			
TEB + TR	1,15	0.10			

Tabla 8. ANOVA para la variable K2O5 e interpretación estadística
 *p valor < 0.05; ** p valor < 0.001; *** p valor < 0.0001

En cuanto a la cantidad de potasio total (K₂O) disponible en el sustrato de compost de cobayo es el valor más alto< siendo el doble que los otros tratamientos, con un valor de 3,15%, seguido del tratamiento a base de compost de porcino con 1,5% y del tratamiento a base de compost bovino con un valor de 1,15%. En el análisis estadístico podemos ver que se presenta diferencias estadísticas entre tratamientos, p-valor de: 0.00091, en el post hoc el criterio de clasificación es “a” para el tratamiento a base de compost de cobayo, y “b” para los dos tratamientos ya que son estadísticamente homogéneos para el elemento potasio indicando que el primero representa diferencias mayormente significativas para el compost de cobayo.

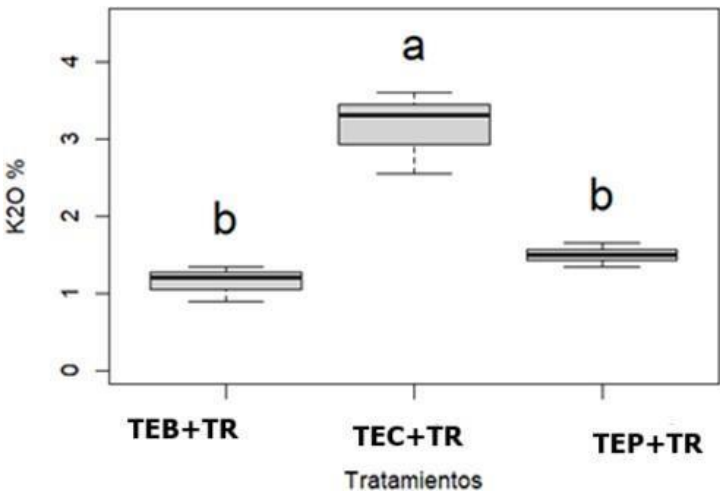


Figura 7. Gráfico de cajas y bigotes para los diferentes tratamientos con prueba HSD Tukey 5% en K %.

Fuente: Autor

5.1.4 Análisis químico del elemento CaO₂ (Calcio) entre tratamientos

CaO ₂					
Tratamientos	Media	Desv. Estándar	F-Valor	P-valor	Interpretación
TEP + TR	6,11	2,8	6,39	0,0325*	Significativo
TEC + TR	11,38	1,6			
TEB + TR	4,09	0,8			

Tabla 9. ANOVA para la variable CaO₂ e interpretación estadística.
 *p valor < 0.05; ** p valor < 0.001; *** p valor < 0.0001

Existe una diferencia en las medias notoria entre el tratamiento 2 con respecto a la concentración de CaO₂ en el sustrato de compost de cobayo siendo la más alta entre

los tratamientos, seguida de menor concentración por el sustrato de compost porcina con un valor de 6.11% y de 4.09% en el tratamiento de origen bovino. Se realizó el post hoc entre los tres tratamientos, en donde evaluamos los criterios “a” para el tratamiento 2 y “b” para el tratamiento 1, para el tratamiento 3 este presenta un criterio calificativo entre el tratamiento 2 y 1 ver Figura 8.

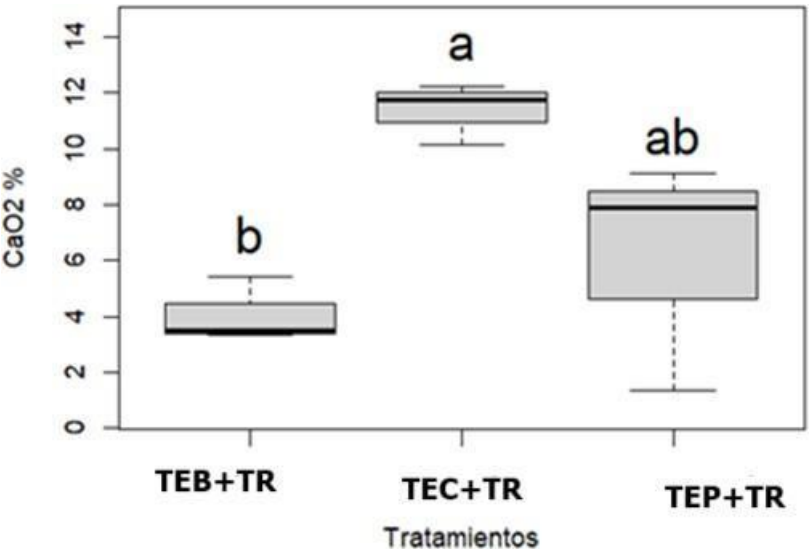


Figura 8. Gráfico de cajas y bigotes para los diferentes tratamientos con prueba HSD Tukey 5% en K %.

Fuente: Autor

5.1.5 Análisis químico del elemento Mg (Magnesio) entre tratamientos

Mg					
Tratamientos	Media	Desv. Estándar	F-Valor	P-valor	Interpretación
TEP + TR	2,70	0,01	6,39	0,0325*	Significativo
TEC + TR	1,87	0,35			
TEB + TR	0,87	0,25			

Tabla 10. ANOVA para la variable Mg e interpretación estadística

*p valor < 0.05; ** p valor < 0.001; *** p valor < 0.0001

El magnesio presenta diferencias significativas entre los tres tratamientos, con un p-valor<0.005, previo al análisis estadístico observamos que el tratamiento TEP + TR

(compost porcino) presenta un valor significativo al comparar entre las medias siendo la más alta, seguido de los dos tratamientos. Posterior a esto se realizó el post hoc clasificándose según la diferencia que presenta cada tratamiento, siendo el tratamiento 3 a base del compost porcino con el criterio “a”, para el tratamiento 2 , compost de cobayo el criterio “b” y el tratamiento 1 de compost bovino con un criterio “c” habiendo diferencia estadísticamente significativas entre los 3 tratamientos.

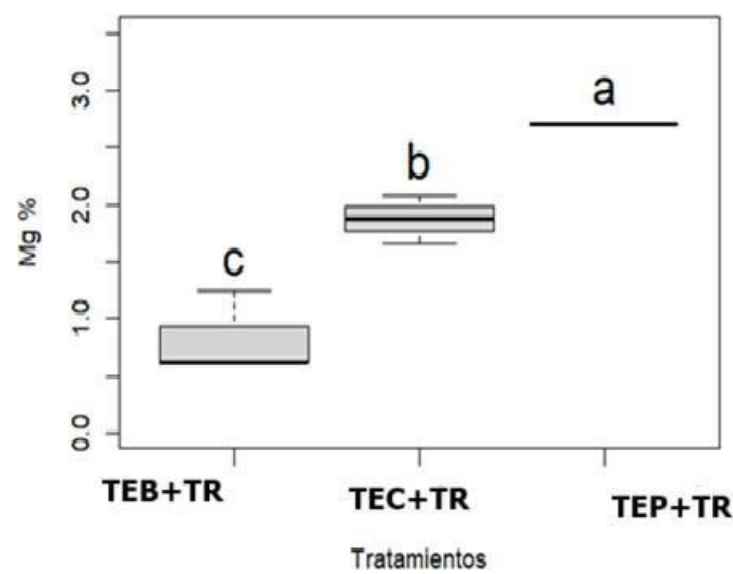


Figura 9. Gráfico de cajas y bigotes para los diferentes tratamientos con prueba HSD Tukey 5% en Mg%.

5.1.6 Análisis químico de los diferentes sustratos

Variables químicas de los diferentes sustratos						
	Tratamientos	Media	Desv. Estándar.	F- VALOR	P- valor	Interpretación
Materia orgánica	TEP+TR	25,38	5,62	32,73	0,00059**	Significativo
	TEC+TR	32,89	2,5			
	TEB+TR	9,73	0,71			
Conductividad Eléctrica	TEP+TR	11,44	0,88	0,439	0,664	No Significativo
	TEC+TR	14,81	4,69			
	TEB+TR	12,78	6,16			
pH	TEP+TR	7,30	0,3	53,34	0,00015**	Significativo
	TEC+TR	9,27	0,23			
	TEB+TR	8,53	0,53			

Tabla 11. ANOVA para las variables químicas de Materia Orgánica (M.O), conductividad eléctrica, y pH. Además de la interpretación de estas.

*p valor < 0.05; ** p valor < 0.001; *** p valor < 0.0001

5.1.6.1 Materia orgánica.

Para la valoración de materia orgánica evaluada como porcentaje, se obtuvo que el compost de porcino presento la diferencia estadística más significativa (valor $p<001$), corroborado por los valores presentado en las medias, seguido por el del cobayo (media= $32,89\pm2,5$) y finalmente el de bovino (media = $9,3\pm0.07$).

Al realizar el test HSD de Tukey, como se observa en la Figura 9, los tratamientos TEP y TEC no presentan diferencias significativas entre si a diferencia del tratamiento TEB que presento marcadas diferencias significativas para los otros tratamientos mencionados.

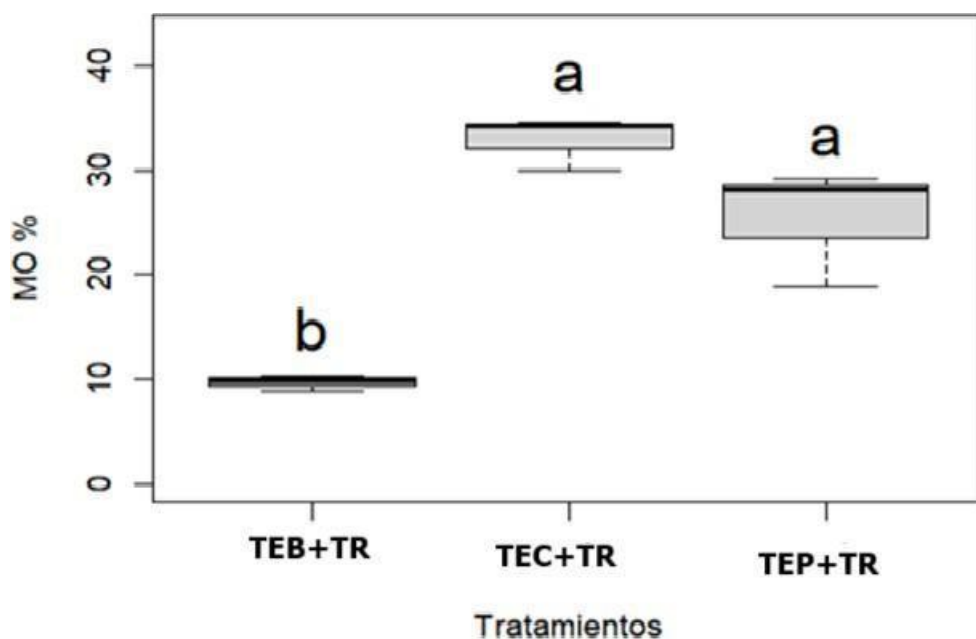


Figura 10. Gráfico de cajas y bigotes para los diferentes tratamientos con prueba HSD Tukey 5% para la variable Materia Orgánica (MO).

5.1.6.2 Conductividad eléctrica (CE)

Para la variable de Conductividad eléctrica, entre los tres tratamientos según el ANOVA realizado, se observó que no presenta diferencias estadísticas significativas, seguido a esto se realizó el post hoc entre tratamientos, el criterio de calificación fue que corresponden a un mismo criterio "a" entre los tratamientos.

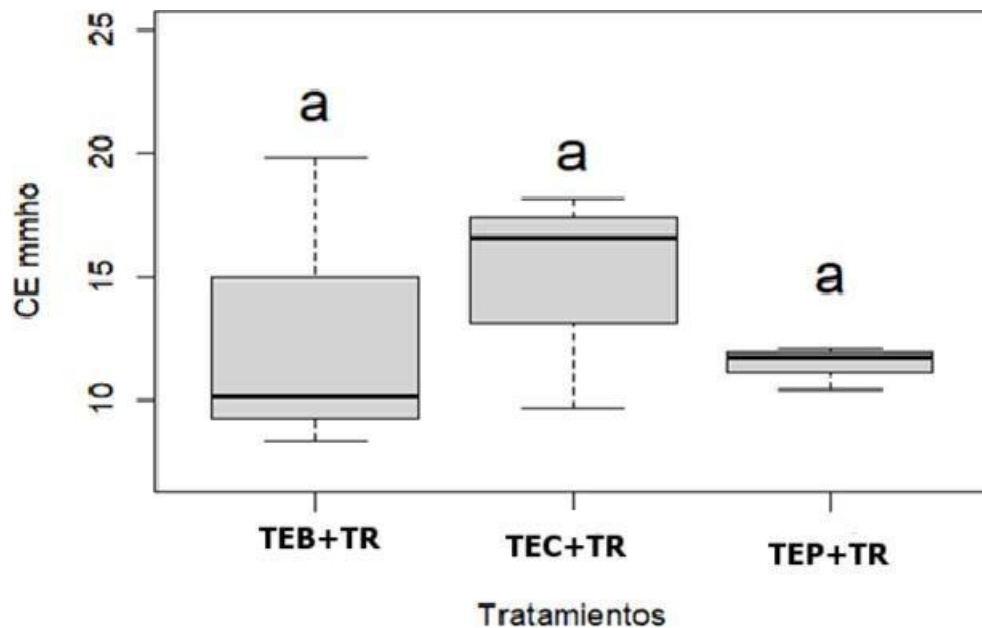


Figura 11. Gráfico de cajas y bigotes para los diferentes tratamientos con prueba HSD Tukey 5% para la variable Conductividad Eléctrica (CE).

5.1.6.3 pH

Para la variable potencial hidrogeno (pH), el análisis de varianza de medias ANOVA, nos indica que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$), entre los 3 tratamientos evaluados en el presente, en cuanto a los valores de las medias de los tratamientos el mayor fue para el TEC (media = $9,27 \pm 0,23$) a contrastar con los valores de TEP y TEB con valores medios y desviaciones estándar de $7,3 \pm 0,3$ y $8,53 \pm 0,53$ respectivamente.

En cuanto al análisis post hoc de Tukey como se observa en la Figura 12, nos explican las diferencias entre grupos donde la más notable diferencia es para el TEC con el indicativo "a", seguido del TEB con "b" y finalmente el tratamiento TEP con "c".

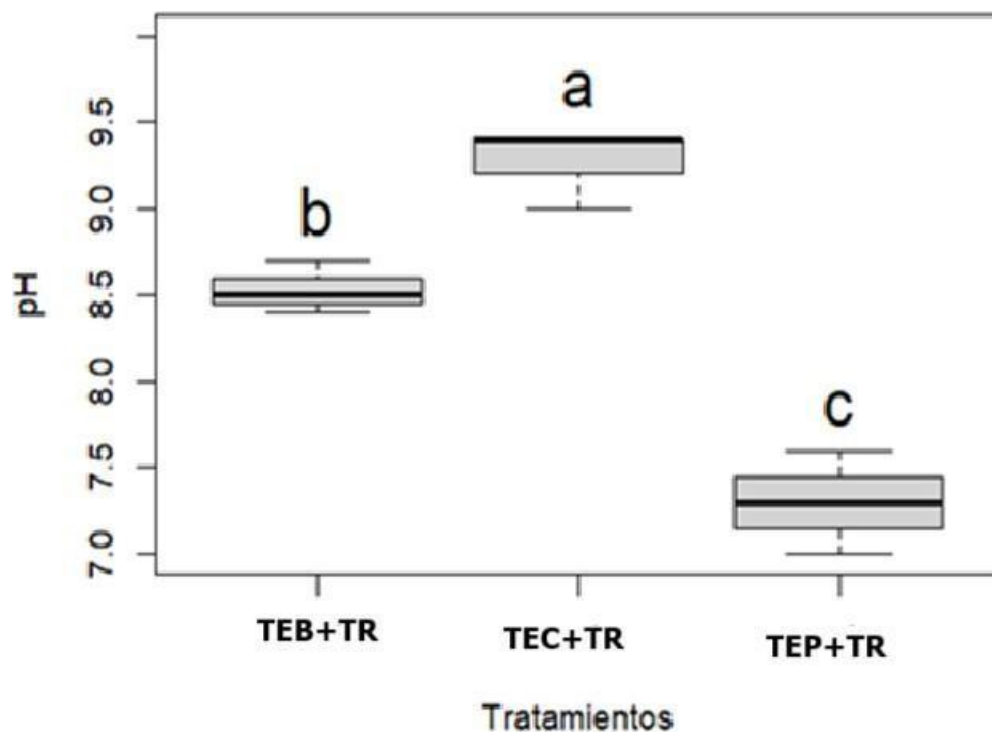


Figura 11. Gráfico de cajas y bigotes para los diferentes tratamientos con prueba HSD Tukey 5% para la variable Conductividad Eléctrica (CE).

6. Discusión

Al momento de tener resultados podemos tener una idea clara del contenido mineral de ciertos elementos entre los tratamientos para el desarrollo durante las primeras etapas del cultivo, como en el desarrollo del fruto.

Tras demostrar la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos. Donde en el caso del elemento nitrógeno el resultado obtenido en la presente investigación presenta un valor estadístico similar entre el compost de cobayo y porcino obteniendo rangos entre 2,22% y 1,86% respectivamente, siendo similar a lo encontrado por Borrero (2021), con valores promedio para el cobayo de 2,45% y del porcino de 1,95%, dentro del rango de contenido nutricional; por otra parte Murray et al (2023) obtuvo en sus ensayos evaluando diferentes tratamientos de compost de cobayos un valor de 1.41 % concentración, siendo inferior a lo obtenido a nuestro estudio, La calidad de los estiércoles depende de la especie, del tipo de cama modificando la variación de temperatura y humedad; y del manejo que se le da a los estiércoles como por ejemplo el secado semi diluciones antes de ser aplicados. Ansorena (2015) reporta concentraciones inferiores al 1% de nitrógeno en el compost bovino siendo similar a lo reportado en este estudio, para este autor son los resultados intermedios entre los tratamientos y muy inferiores a los contenidos de los estiércoles de aves y conejos (1,27% y 1,28%). Otros tipos de compost, debido a su menor contenido de humedad y mayor contenido de desechos biológicos de alimentos, se caracterizan por tener un mayor contenido de nutrientes que el estiércol, especialmente nitrógeno y potasio, para Román et al. (2013) Señaló que, El compostaje implica varios pasos que se deben realizar para obtener fertilizante orgánico de buena calidad y el uso de materiales mal procesados durante el compostaje puede ser peligroso para el medio ambiente y causar contaminación a las plantas, como la formación de compuestos lixiviados, aumentando la cantidad de microorganismos, por ello es necesario seguir estrictamente los procedimientos de compostaje.

Para el elemento fósforo, podemos apreciar que hubo diferencias estadísticas entre tratamientos, destacando que el tratamiento a base de compost porcino alcanzó la mayor concentración de este elemento. Estos resultados son similares a los reportados por Ninabanda (2012), quien informa que el compost a base de estiércol porcino contenía una concentración cercana a 10,5% de fósforo en comparación con otros tratamientos. Por otra parte, Ansorena (2015) reportó concentraciones inferiores a 0,5% de P_2O_5 el compost de origen bovino, el cual presentó los valores más bajos entre los tratamientos. Siendo similar a lo reportado en la presente investigación donde la concentración de fósforo es menor al 1% de su contenido. Caracas et al. (2009), cabe señalar que las propiedades del estiércol de cerdo dependen de muchos factores diferentes, como la edad del animal, la forma de almacenamiento, el tiempo de muestreo y las condiciones de procesamiento, siendo estas claves a la hora de proporcionar los elementos necesarios para las enmiendas nutricionales en el manejo del cultivo.

En cuanto al potasio, uno de los principales elementos en el estudio, se reportó que el tratamiento a base de compost cobayo contenía la mayor cantidad de este nutriente, siendo el tratamiento a base de compost de bovino y porcino similares estadísticamente, Estos hallazgos concuerdan con los de Ansorena (2015), quien reporta que el compost de origen cunícola fue superior al de origen bovino, hasta incluso siendo similar al compost de origen ovino, siendo este un nutriente clave, debiendo ser incorporado de este tratamiento durante la fase fisiológica de cuajado y desarrollo del fruto dentro del manejo cultural del cultivo. Para Molina (2012), el estiércol de cuy tiene muchas ventajas, especialmente para la producción de fertilizantes orgánicos, debido a su alto contenido nutricional, especialmente micro elementos. De manera similar, Ohlenschlaeger (2017) menciona que la adición de materia orgánica, especialmente humus, a través del compostaje, proporciona a las plantas acceso a nutrientes como potasio, fósforo, calcio y magnesio.

Los componentes de N, K_2O , CaO_2 y MO presentan diferencia estadística entre los tres tratamientos, en este marco Das et al. (2017), determinaron que el compost de bovino mejora las actividades enzimáticas del ciclo de C y N lo que influye significativamente en

el nitrógeno total del suelo al comparar enmiendas de estiércol de bovino y porcino, además mencionan que el tratamiento con estiércol bovino induce a un aumento en las actividades enzimáticas responsables del ciclo del C y N siendo indicadores sensibles de la fertilidad del suelo ya que catalizan las principales reacciones bioquímicas (Francioli et al., 2016).

Entre las propiedades físicas como M.O, pH y Conductividad eléctrica podemos deducir lo siguiente. Las medias obtenidas del contenido de materia orgánica, entre los más representativos obtuvimos el tratamiento a base de compost de cobayo con un valor aproximado de $32,89\% \pm 2,5$ de MO, seguido de compost de origen porcino con una media de $25,38\% \pm 5,62$, y por último al compost de $9.73\% \pm 0.4$ de origen bovino, con una diferencia estadísticamente significativa, obteniendo resultados similares a lo reportado por autores como Ansorena,(2015) entre sus tratamientos un contenido de materia orgánica cerca del 37% de contenido de MO en el compost de cobayo, a diferencia del compost de origen bovino 15% esta variante se debe al origen de los desechos proporcionales de los residuos de cocina y jardín en el biorresiduo inicial, porque la concentración de nutrientes en los residuos de alimentos es mucho mayor que en los residuos del jardín. (Hogg et al., 2007). Según la naturaleza del material originario, existen variaciones en las propiedades físicas y químicas del compost, se considera que las especies de cobayos y porcinos son monogástricos y los bovinos son poligástricos, con marcadas variantes fisiológicas que permiten desecharan materia orgánica por diferentes mecanismos metabólicos, porciones, carga microbiana, condiciones bajo las cuales se lleva a cabo la operación de compostaje y el nivel de descomposición (Abad et al, 2008).

El pH es un indicador del estado de compostaje en donde presenta diferencia significativa entre los sistemas de almacenamiento. Huang et al. (2017) determinaron que el estiércol bovino muestra una tendencia creciente en la fase termófila (de 7,6 a 8,53) y una decreciente en el segundo periodo mesófilo debido a la concentración de ácidos grasos volátiles(AGV), explicada por la conversión en CH₄ y la liberación de CO₂ de igual manera (Tiquia, 2005) coincidió con este estudio al demostrar que el pH del compostaje de cerdo aumenta bruscamente en la fase termófila (6,86 a 7,83) y se mantiene estable hasta el final del proceso, debido a la mayor cantidad de amoníaco

generada. Empero el compost de estiércol de cobayo genera valores altos desde la primera a la última fase de compostaje (7,47 a 9,27) explicada por el alto contenido de nitrógeno, potasio y fósforo en comparación con otros animales (Hilgert et al., 2023) .

Los valores de CE son determinados en gran medida por la concentración de iones de Mg y Ca, los cuales varían por el índice de madurez del compost y la liberación de sales del estiércol, sin embargo, en la presente investigación se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

7. Conclusiones

De acuerdo a la investigación se concluye lo siguiente:

- Los elementos de interés para esta investigación en todos los tratamientos se encontró diferencias significativas a nivel de cada elemento. El compost a base de desechos orgánicos de origen cunícola presentó mayor concentración de Nitrógeno.
 - Para el elemento mineral Fósforo, el tratamiento a base de compost de origen porcino fue el que presentó mayor concentración seguido del compost de origen cunícola y bovino respectivamente.
 - Para Potasio, el tratamiento a base de compost de origen cunícola contiene mayor concentración a diferencia de los tratamientos a base de compost porcino y bovino que presentaron valores estadísticos similares.
 - Para el caso de Magnesio y Calcio fue el tratamiento a base de compost de origen cunícola y porcino respectivamente que llevó mayor concentración de dichos elementos,
 - A nivel de laboratorio para la evaluación de propiedades químicas, como conductividad eléctrica, no se presentó diferencias significativas entre los tratamientos.
 - En cuanto a pH, los tratamientos a base de desechos cunícolas presentaron mayor concentración a diferencia de los demás tratamientos.
 - Para el caso de materia orgánica el tratamiento a base de compost de origen cunícola presentó mayor significancia a diferencia de los tratamientos a base de compost porcino y bovino respectivamente.
 - Se determinó las propiedades fisicoquímicas.
 - Se cumplió con los respectivos procesos para la ejecución del proyecto de investigación.
-

8. Recomendaciones

- Profundizar con la temática del manejo de compost en el cultivo de tomate de mesa.
 - Evaluar el desarrollo fisiológico de acuerdo a un cronograma de aplicación de los diferentes compost obtenidos en esta investigación.
 - Realizar un estudio de rendimiento tomando en cuenta las propiedades que brinda cada uno de los tratamientos en campo.
 - Realizar un cronograma de aplicación de los diferentes tratamientos para evaluar el desarrollo y rendimiento del cultivo de tomate.
 - Evaluar costo-beneficio con la aplicación de los diferentes tratamientos para el aprovechamiento y alternativa sostenible como una práctica agroecológica en el desarrollo productivo.
-

Referencias

- Abad, M., Fornes, F., Mendoza-Hernández, D. y García de la Fuente, R. 2008. Actas de Horticultura 53:17-31
- Albornoz, K., & Hermosilla, A. (2023). FISIOLOGÍA Y TECNOLOGÍA DE POSTCOSECHA DE HORTALIZAS DE HOJA DE CUARTA GAMA: UNA REVISIÓN. *Chilean journal of agricultural & animal sciences : ex Agro-ciencia*, 39(3), 413–429. <https://doi.org/10.29393/chjaa39-37ftak20037>
- Andalucia Luz. (2000). *Sistemas y técnicas Para el Compostaje* (J. de Andalucia, Ed.).
- Andrade, E. (2012). *Efectos de la aplicación de tres niveles de fertilización orgánica en la producción de cilantro (Coriandun sativum L.)*. [Tesis de grado de la Universidad Técnica de Babahoyo]. URL: <https://www.yumpu.com/es/document/view/14512290/tesis-final-utbpdfuniversidadtecnica-de-babahoyo>
- Andraskar, J., Yadav, S., & Kapley, A. (2021). Challenges and control strategies of odor emission from composting operation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 193(7), 2331–2356. <https://doi.org/10.1007/s12010-021-03490-3>
- Ansorena, J., Batalla, E. y Merino, D. (2014). *Propiedades fisicoquímicas del compost de residuos de alimentos y su empleo como componente de sustratos*. XI Jornadas de la SECH. Zizurkil, 25-27 jun
-

Argun, Y., Karacalı Tunç, A., Çalışır, U., & Kılınç, N. (07 2017). Composting as a Waste Management Method. *Journal of International Environmental Application & Science*, 12, 244–255.

Avendaño, R. (2013). *Fertilizantes orgánicos compost*, Tesis de la Universidad Católica de Chile
[http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method
=post&formato=2&cantidad=1 &expresion=mfn=030617](http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1 &expresion=mfn=030617)

Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S., Perissol, C., Roussos, S., & Thami Alami, I. (2018). Composting parameters and compost quality: a literature review. *Organic Agriculture*, 8(2), 141–158.
<https://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>

Barreros, E. (2017). *Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (Cavia porcellus), enriquecido*.
Universidad Tecnica de Ambato.

Bastida, F., Kandeler, E., Moreno, J. L., Ros, M., García, C., & Hernández, T. (2008). Application of fresh and composted organic wastes modifies structure, size and activity of soil microbial community under semiarid climate. *Applied Soil Ecology: A Section of Agriculture, Ecosystems & Environment*, 40(2), 318–329.
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.05.007>

Brentrup, Frank & Hoxha, Antoine & Christensen, Bjarne. (2016). Carbon footprint analysis of mineral fertilizer production in Europe and other world regions.

Biochar as an additive to compost and growing media. (2015). En *Biochar for Environmental Management* (pp. 749–768). Routledge.

Bot, A. (2015). *Actividades de compostaje*. Formato PDF. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag104576/1.%20Materia%20org%C3%A1nica%20y%20actividad%20biol%C3%20gica.pdf>

Bruun, S., Hansen, T. L., Christensen, T. H., Magid, J., & Jensen, L. S. (2006). Application of processed organic municipal solid waste on agricultural land – a scenario analysis. *Environmental Modeling and Assessment*, 11(3), 251–265. <https://doi.org/10.1007/s10666-005-9028-0>

Cáceres, R., Malińska, K., & Marfà, O. (2018). Nitrification within composting: A review. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 72, 119–137. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.049>

Cajamarca, D. (2012). *Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos*. Tesis de grado de la Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias] URL: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3277/1/TESIS.pdf>

Carvajal, T. (2012). *Evaluación de las perdidas Poscosecha tanto físicas y de calidad en el sistema de producción agrícola*. Universidad Central del Ecuador.

Castillo, L. (2020). *Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancaayo*, (En línea). Formato PDF. Obtenido en:

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV_FIN_107_TE_Castillo_Huaman_2020.pdf

Contreras Cruz, A., Sánchez Morales, P., Romero Arenas, O., Rivera Tapia, J. A., Ocampo Fletes, I., & Parraguirre Lezama, J. F. C. (2019). Prácticas agroecológicas y su influencia en la fertilidad del suelo en la región cafetalera de Xolotla, Puebla. *Acta universitaria*, 29, 1–16.

<https://doi.org/10.15174/au.2019.1864>

Das, S., Jeong, S. T., Das, S., & Kim, P. J. (2017). Composted cattle manure increases microbial activity and soil fertility more than composted swine manure in a submerged rice paddy. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1702.

<https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01702>

Dong, W.-Y., Zhang, X.-Y., Dai, X.-Q., Fu, X.-L., Yang, F.-T., Liu, X.-Y., Sun, X.-M., Wen, X.-F., & Schaeffer, S. (2014). Changes in soil microbial community composition in response to fertilization of paddy soils in subtropical China. *Applied soil ecology: a section of Agriculture, Ecosystems & Environment*, 84, 140–147.

<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.06.007>

Epstein, E. (2011). *Industrial composting: Environmental engineering and facilities management*.

Escobar, H., & Lee, R. (Eds.). (2010). *Manual de producción de tomate bajo invernadero*. Editorial Utadeo.

Escribano, A. J. (2016). Organic livestock farming — challenges, perspectives, and strategies to increase its contribution to the agrifood system's

sustainability — A review. En *Organic Farming - A Promising Way of Food Production*. InTech.

FAO. (1992). *Fertilizantes y usos*. FAO. <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>

Felipó, M. T., & Torrentó, M. S. (2002). *Organic wastes as a resource for Mediterranean soils*.

Fenoll, J., Vela, N., Navarro, G., Pérez-Lucas, G., & Navarro, S. (2014). Assessment of agro-industrial and composted organic wastes for reducing the potential leaching of triazine herbicide residues through the soil. *The Science of the Total Environment*, 493, 124–132.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.098>

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Francioli, D., Schulz, E., Lentendu, G., Wubet, T., Buscot, F., & Reitz, T. (2016). Mineral vs. Organic amendments: Microbial community structure, activity and abundance of agriculturally relevant microbes are driven by long-term fertilization strategies. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1446.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01446>

Guo, J. H., Liu, X. J., Zhang, Y., Shen, J. L., Han, W. X., Zhang, W. F., Christie, P., Goulding, K. W. T., Vitousek, P. M., & Zhang, F. S. (2010). Significant acidification in major Chinese croplands. *Science (New York, N.Y.)*, 327(5968), 1008–1010. <https://doi.org/10.1126/science.1182570>

Haug, R. T. (2018). *The practical handbook of compost engineering*. Routledge.

Herrán, J., & García, C. (2015). *Manual para la producción de abonos orgánicos y bioracionales*.

Hilgert, J. E., Herrmann, C., Petersen, S. O., Dragoni, F., Amon, T., Belik, V., Ammon, C., & Amon, B. (2023). Assessment of the biochemical methane potential of in-house and outdoor stored pig and dairy cow manure by evaluating chemical composition and storage conditions. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 168, 14–24.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.05.031>

Hogg, D., Gibbs, A., Favoino, E. and Ricci, M. 2007. “*Gestión de residuos biológicos de los hogares en el Reino Unido: aplicación del pensamiento del ciclo de vida en el marco del análisis de costes y beneficios. Apéndices al Informe Principal*”. Eunomia Research & Consulting Ltd.

Huang, J., Yu, Z., Gao, H., Yan, X., Chang, J., Wang, C., Hu, J., & Zhang, L. (2017). Chemical structures and characteristics of animal manures and composts during composting and assessment of maturity indices. *PloS One*, 12(6), e0178110. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178110>

Imbeah, M. (1998). Composting piggery waste: A review. *Bioresource Technology*, 63(3), 197–203. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(97\)00165-X](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(97)00165-X)

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2018). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-2020*. Instituto Nacional de

Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-2020/>

Jaramillo, P. J., Rodríguez, V. P., Gúzman, A. M., & Zapata, M. A. (2006). *El cultivo de tomate bajo invernadero (Lycopersicon esculentum, Mill)*. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA.

Joseph, S. D., Camps-Arbestain, M., Lin, Y., Munroe, P., Chia, C. H., Hook, J., van Zwieten, L., Kimber, S., Cowie, A., Singh, B. P., Lehmann, J., Foidl, N., Smernik, R. J., & Amonette, J. E. (2010). An investigation into the reactions of biochar in soil. *Soil Research*, 48(7), 501.
<https://doi.org/10.1071/sr10009>

Ju, X.-T., Xing, G.-X., Chen, X.-P., Zhang, S.-L., Zhang, L.-J., Liu, X.-J., Cui, Z.-L., Yin, B., Christie, P., Zhu, Z.-L., & Zhang, F.-S. (2009). Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(9), 3041–3046.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0813417106>

Juan, J. A. M. S. A. N., & Rodriguez, J. M. T. (1997). *Cultivo moderno del tomate*. Ediciones Mundi-Prensa.

Junshen, X. (2015). Odor Pollution from Waste Composting and its Control Technology:A Review. *Journal of Hangzhou Normal University*.

Kravchenko, A. N., Snapp, S. S., & Robertson, G. P. (2017). Field-scale experiments reveal persistent yield gaps in low-input and organic cropping systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of*

the United States of America, 114(5), 926–931.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1612311114>

Li, F., Chen, L., Zhang, J., Yin, J., & Huang, S. (2017). Bacterial community structure after long-term organic and inorganic fertilization reveals important associations between soil nutrients and specific taxa involved in nutrient transformations. *Frontiers in Microbiology*, 8, 187.

<https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00187>

Li, R., Khafipour, E., Krause, D. O., Entz, M. H., de Kievit, T. R., & Fernando, W. G. D. (2012). Pyrosequencing reveals the influence of organic and conventional farming systems on bacterial communities. *PloS One*, 7(12), e51897. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051897>

Liu, Y., Cheng, D., Xue, J., Weaver, L., Wakelin, S. A., Feng, Y., & Li, Z. (2020). Changes in microbial community structure during pig manure composting and its relationship to the fate of antibiotics and antibiotic resistance genes. *Journal of Hazardous Materials*, 389(122082), 122082. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122082>

Ludeña, V. (2007). *Eficiencia del purín de cerdo*. [Tesis de grado Escuela de Biología Del Medio Ambiente]

<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6963/1/07070.pdf>

Manu, M. K., Kumar, R., & Garg, A. (2019). Decentralized composting of household wet biodegradable waste in plastic drums: Effect of waste turning, microbial inoculum and bulking agent on product

quality. *Journal of Cleaner Production*, 226, 233–241.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.350>

Minich, J. J., Zhu, Q., Xu, Z. Z., Amir, A., Ngochera, M., Simwaka, M., Allen, E. E., Zidana, H., & Knight, R. (2018). Microbial effects of livestock manure fertilization on freshwater aquaculture ponds rearing tilapia (*Oreochromis shiranus*) and North African catfish (*Clarias gariepinus*). *MicrobiologyOpen*, 7(6), e00716.
<https://doi.org/10.1002/mb03.716>

Ministerio del Ambiente de Buenos Aires. (2022). *Manual de compostaje domiciliario* (P. Natan, Ed.). Ministerio de Ambiente.

Mosquera, B. (2010). *Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana*. Obtenido de PDF en:
http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf

Naeem, M., Ansari, A. A., & Gill, S. S. (Eds.). (2020). *Contaminants in agriculture: Sources, impacts and management*. Springer International Publishing.

Orna, A. (2009). *Evaluación del efecto de la Aplicación de micorrizas en la producción de Tomate riñón (Solanum lycopersicum) bajo invernadero*. Universidad Superior Politecnica de Chimborazo.

Oviedo-Ocana, E., Marmolejo-Rebellon, L. F., & Torres-Lozada, P. (2017). Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. Lecciones desde Colombia. *Ingeniería, investiga*, 18(1), 31–42.

- Pelaez, M. (2015). *UF2017: Manejo y mantenimiento de equipos de aplicación de fertilizante*. Elearnig SL.
- Pérez, A., Céspedes, C., & Ramos, P. (12 2007a). CARACTERIZACIÓN FÍSICA-QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE ENMIENDAS ORGÁNICAS APLICADAS EN LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN REPÚBLICA DOMINICANA. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8, 10–29.
- Pérez, A., Céspedes, C., & Ramos, P. (12 2007b). CARACTERIZACIÓN FÍSICA-QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE ENMIENDAS ORGÁNICAS APLICADAS EN LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN REPÚBLICA DOMINICANA. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8, 10–29.
- Quishpe, M. (2017). *Elaboración de compost a partir de estiércol de cuy (Cavia Porcellus) y su aplicación en la comunidad Lumbisí (Sector Cumbaya)*. Universidad Central del Ecuador.
- Richard, T. L., (Bert) Hamelers, H. V. M., Veeken, A., & Silva, T. (2002). Moisture Relationships in Composting Processes. *Compost Science & Utilization*, 10(4), 286–302.
- Rizo, E. (2016). *Fertilización micro y macro - Hortalizas*. Hortalizas.
<https://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/fertilizacion-micro-ymacro/>
- Robles, L. (2015). *Factores del compostaje*. (En línea) Formato PDF. Disponible en:
-

[http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan %20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf)

Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *El compostaje y sus tipos*. FertiLab. <https://www.lafertilidaddelatierra.com/que-hay-de-nuevo/en-el-huerto-ecologico/2169-el-compostaje-y-sus-tipos.html>

Schuchardt, F. (2005). Composting of organic waste. En *Environmental Biotechnology* (pp. 333–354). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Stency, G. (2011). *Bovinaza*. (En línea). Formato PDF Disponible en:

<http://es.scribd.com/doc/65974267/Bovinaza>

Tiquia, S. M. (2005). Microbiological parameters as indicators of compost maturity. *Journal of Applied Microbiology*, 99(4), 816–828.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02673.x>

USDA. (2020). *United States Department of Agriculture*. USDA.
www.usda.gov

Vásquez, E. B. (2003). *Guía para compostaje y manejo de suelos*. Convenio Andrés Bello.

Wang, W.-K., & Liang, C.-M. (2021). Enhancing the compost maturation of swine manure and rice straw by applying bioaugmentation. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85615-6>

Wang, Y., Villamil, M. B., Davidson, P. C., & Akdeniz, N. (2019). A quantitative understanding of the role of co-composted biochar in plant growth using

meta-analysis. *The Science of the Total Environment*, 685, 741–752.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.244>

Xing, J., Song, J., Liu, C., Yang, W., Duan, H., Yabar, H., & Ren, J. (2022).
Integrated crop–livestock–bioenergy system brings co-benefits and
trade-offs in mitigating the environmental impacts of Chinese
agriculture. *Nature Food*, 3(12), 1052–1064.
<https://doi.org/10.1038/s43016-022-00649-x>

ANEXOS

Análisis de Laboratorio



AGROBIOLAB CIA. LTDA.

Informe de Análisis

Gonzalo Zaldumbide 1440-204 y Luis Calisto, Urb. Damasco 2 (El Inca)
Telfs: (015-2) 241-2383 / 241-2385
Quito - Ecuador

COMPOST

Datos del Cliente							Referencia					
Cliente: SOCIEDAD SALESIANA EN EL ECUADOR Propiedad: U. E. FISCOSOMISIONAL SALESIANA Cultivo: COMPOST Ingreso: 27/02/2024 Ensayo: 5/02/2024 No. Lab.: Deede: 2077 Hasta: 2076							No. Doc: 57021 Emisión: 7/5/2024 Impreso: 7/5/2024 Página: 1 de 2					

Nombre: CTP1 - COMPOST PORCINO 1
No. Lab.: 2.972

N %	NO3 ppm	P2O5 %	K2O %	CaO %	MgO %	Na %	S ppm	Zn ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm
1.82	424.20	6.87	1.35	7.13	2.70	0.07	493.20	926.00	185.000	8270.00	862.00
B ppm	M. O. %	C %		C. E. mmho	C/N	pH					
18.10	28.14	16.32		10.43	8.80	7.10					

Nombre: CTP2 - COMPOST PORCINO 2
No. Lab.: 2.973

N %	NO3 ppm	P2O5 %	K2O %	CaO %	MgO %	Na %	S ppm	Zn ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm
1.66	423.00	7.10	1.88	7.60	2.70	0.03	702.30	1087.00	466.000	17240.00	534.00
B ppm	M. O. %	C %		C. E. mmho	C/N	pH					
10.20	18.92	10.27		11.75	5.81	7.80					

Nombre: CTP3 - COMPOST PORCINO 3
No. Lab.: 2.974

N %	NO3 ppm	P2O5 %	K2O %	CaO %	MgO %	Na %	S ppm	Zn ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm
2.10	611.10	7.03	1.90	9.10	2.70	0.04	981.30	1125.00	185.000	5690.00	964.00
B ppm	M. O. %	C %		C. E. mmho	C/N	pH					
17.10	26.85	16.67		12.12	8.03	7.30					

Nombre: CTC1 - COMPOST CLY 1
No. Lab.: 2.975

N %	NO3 ppm	P2O5 %	K2O %	CaO %	MgO %	Na %	S ppm	Zn ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm
2.02	499.20	3.21	1.30	10.15	1.47	0.01	819.30	458.00	61.000	3735.00	445.00
B ppm	M. O. %	C %		C. E. mmho	C/N	pH					
18.80	30.01	17.40		18.59	8.61	5.40					

Nombre: CTC2 - COMPOST CLY 2
No. Lab.: 2.976

N %	NO3 ppm	P2O5 %	K2O %	CaO %	MgO %	Na %	S ppm	Zn ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm
2.37	375.80	3.60	2.35	12.25	2.98	0.01	435.30	486.00	45.000	3640.00	425.00
B ppm	M. O. %	C %		C. E. mmho	C/N	pH					
16.00	34.46	20.00		9.70	5.43	5.00					

Simbolo decimal = (.)

<<
<
1 of 2
>
>>


Jhonatan A. Padilla G. Ph.D.
 Director del Laboratorio

Métodos: Absorción Atómica, C
P (FEEVBL03), K (FEEVBL03)
Resultados corresponden a 1:100 g/kg
¡SU ÉXITO ES NUESTRO!

AGROBIOLAB CIA. LTDA.

Informe de Análisis

Gonzalo Zaldumbide N48-306 y Luis Calbeto, Urb. Dammer 2 (El Inca)
Teléfono: (591-2) 241-2385 | 241-2386
Quito - Ecuador

COMPOST

Datos del Cliente						Referencia	
Cliente:	SOCIEDAD SALESIANA EN EL ECUADOR					No. Doc:	57021
Propiedad:	U.E. PROVISIONAL SALESIANO					Emitido:	7/6/2024
Cultivo:	COMPOST					Impreso:	7/6/2024
Ingreso:	27/5/2024	Ensayo:		6/6/2024		Página:	
No. Lab:	Desde: 2977	Hasta:		2979		2 de 2	

Nombre: CTC3 - COMPOST CUY 3

No. Lab.: 2977

N %	NO3 ppm	P2O5 %	K2O %	CaO %	MgO %	Na %	S ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mn ppm
2.47	643.30	2.52	3.60	11.75	1.85	0.01	1055.70	253.00	27.000	4025.00	252.00
B ppm	M.O. %	C %		C.E. mmho	C/N	pH					
18.50	34.18	19.60		15.65	5.02	9.40					

Nombre: CTB1 - COMPOST BOVINO 1

No. Lab.: 2978

N %	NO3 ppm	P2O5 %	K2O %	CaO %	MgO %	Na %	S ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mn ppm
0.54	556.00	0.02	1.20	5.43	1.25	0.01	513.40	113.00	30.000	10000.00	700.00
B ppm	M.O. %	C %		C.E. mmho	C/N	pH					
16.90	10.37	6.01		10.14	6.34	8.50					

Nombre: CTB2 - COMPOST BOVINO 2

No. Lab.: 2979

N %	NO3 ppm	P2O5 %	K2O %	CaO %	MgO %	Na %	S ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mn ppm
0.53	585.90	0.02	0.90	3.35	0.67	0.01	234.10	65.00	37.000	971.00	388.00
B ppm	M.O. %	C %		C.E. mmho	C/N	pH					
14.35	9.94	5.78		8.95	6.94	8.70					

Nombre: CTB3 - COMPOST BOVINO 3

No. Lab.: 2980

N %	NO3 ppm	P2O5 %	K2O %	CaO %	MgO %	Na %	S ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mn ppm
0.69	732.00	1.15	1.35	3.50	0.82	0.01	457.50	88.00	32.000	6506.00	650.00
B ppm	M.O. %	C %		C.E. mmho	C/N	pH					
15.70	8.85	5.15		19.82	5.20	8.40					

Simbolo decimal = (.)

Métodos: Absorción Atómica Col
F (PREEVALUO) K (PREEVALUO)
Nota: todos los resultados son en mg/kg
¡SI EXISTE EL NUESTRO!



2 of 2



Trabajo de Campo



Img 1. Preparación del sitio



Img 2. Material vegetal



Img 3. Instalación de sistema de impermeabilización y formación de pilas de compostaje



Img 4. Tipos de estiércol: Porcino, bovino y cobayo respectivamente



Img 5. Pilas de compostaje



Img 6. Compost maduro



Img 7. Toma de temperaturas y humedad en muestra de compost experimental

DIARIO VIVEROS

SECCION	TEMPERATURA °C		
	Temper. Aire	Temper. Poca	Temper. Profunda
1	33,8	36	36,5
	50,5	53,3	3,2
2	52,9	55,3	48,1
	5,3	58,9	52,2
3	55,1	54	53,4
	48,8	52,8	54,9
4	49,5	50,8	48,2
	42,4	52	46,9
5	44,9	49,6	43
	42,8	48,5	42,1
6	41,1	38,4	35
	35,1	35,5	33,9
7	31,2	34,9	36,7
	29,5	34	36
8	30,7	25	34,5
	31	36,1	31,3
9	28,3	26,7	29,2
	25,1	26	22,8
10	24,3	25,5	28,1
	21	23,5	28
11	24,3	23	25,9
	25	22	24,1
12	24,2	21,9	22,8
	21,5	21	23,1
13	21,3	18,6	24,6
	22,4	20	24,3



Img 8. Registro y tabulación de temperaturas