



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES VOLÚMENES DE AGUA CON
RIEGO TECNIFICADO PARA LA OBTENCIÓN DE LIXIVIADOS
DE LOMBRICOMPOST A BASE DE ESTIÉRCOL DE BOVINO EN
LA PRADERA.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA:

JANNETH KATHERINE MUÑOZ ORTIZ

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES VOLÚMENES DE AGUA CON
RIEGO TECNIFICADO PARA LA OBTENCIÓN DE LIXIVIADOS
DE LOMBRICOMPOST A BASE DE ESTIÉRCOL DE BOVINO EN
LA PRADERA.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA: JANNETH KATHERINE MUÑOZ ORTIZ

DIRECTOR: Ing. Tapia Ramírez Cristian Santiago MSc.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, **Janneth Katherine Muñoz Ortiz**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Janneth Katherine Muñoz Ortiz, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de mayo de 2024



Janneth Katherine Muñoz Ortiz

0605634518

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE DIFERENTES VOLÚMENES DE AGUA CON RIEGO TECNIFICADO PARA LA OBTENCIÓN DE LIXIVIADOS DE LOMBRICOMPOST A BASE DE ESTIÉRCOL DE BOVINO EN LA PRADERA.**, realizado por la señorita: **JANNETH KATHERINE MUÑOZ ORTIZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Víctor Alberto Lindao Córdoba PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-05-27
Ing. Cristian Santiago Tapia Ramírez Msc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-27
Ing. Daniel Arturo Román Robalino Msc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-27

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi esposo Lenin Parco, a mis padres Leticia Ortiz y Alfredo Muñoz, a mi hermano Daniel Muñoz, a mi abuelita Elvia Puma, quienes incondicionalmente me ha acompañado, ayudado y cuidado a lo largo de esta etapa. Ellos han sido un pilar fundamental en mi vida, ya que a pesar de sus ocupaciones y su cansancio siempre estuvieron dispuestos a apoyarme en mi carrera profesional y nunca me faltó sus consejos y palabras de aliento cuando a veces creía que no avanzaba con mis estudios, de todo corazón agradezco por el apoyo y que los amo mucho.

Janneth

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme con salud, inteligencia y perseverancia, por haber concluido una fase más en mi vida, a mi esposo Lenin Parco, a mis padres Leticia Ortiz y Alfredo Muñoz, a mi hermano Daniel Muñoz, a mi abuelita Elvia Puma y toda mi familia por haberme apoyado durante este trayecto. También a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Carrera de Agronomía, por permitirme sentir que estaba en una segunda casa; a mis docentes que me compartieron sus conocimientos al Ing. Cristian Tapia y al Ing. Daniel Román quienes me guiaron con su sabiduría, dedicación y paciencia para lograr culminar el presente trabajo. A mis amigos y compañeros quienes me brindaron su apoyo y compañía en el transcurso de la carrera.

Janneth

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY / ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 Problemática del problema.....	3
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Hipótesis	4
1.4.1 <i>Nula</i>	4
1.4.2 <i>Alterna</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Lombricompost.....	5
2.2 Lombriz roja californiana.....	5
2.2.1 <i>Clasificación taxonómica</i>	5
2.2.2 <i>Características de la lombriz californiana (Elisea Foetida)</i>	5
2.3 Producción de lombricompost.....	6
2.4 Requerimientos climáticos para la elaboración de lombricompost	7
2.4.1 <i>Humedad</i>	7
2.4.2 <i>Aireación</i>	7
2.4.3 <i>Temperatura</i>	8
2.4.4 <i>pH</i>	8
2.4.5 <i>Controles de luz</i>	8
2.4.6 <i>Riego</i>	8

2.5	Tipos de fuentes orgánicas para la obtención de lombricompost.....	8
2.5.1	<i>Residuos orgánicos</i>	8
2.6	Valor nutricional del estiércol de bovino.....	9
2.7	Experiencia sobre utilización del riego y microaspersión para la obtención de lombricompost	9
2.8	Cantidad de líquidos requerido en lombricompost para la obtención de lixiviados	10
2.9	Lixiviados	10
2.9.1	<i>Tratamiento de lixiviados</i>	11
2.9.1.1	<i>Tratamiento térmico</i>	11
2.9.1.2	<i>Biológico</i>.....	11
2.9.1.3	<i>Sistemas de membranas</i>.....	11
2.9.1.4	<i>Tratamientos físico-químicos</i>	11
2.9.2	<i>Composición de lixiviados</i>	11
2.10	Ácidos húmicos	12
2.10.1	<i>Beneficios de los ácidos húmicos en las plantas</i>.....	12
2.11	Ácidos fúlvicos.....	12
2.12	Relación C/N	13

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	14
3.1	Características del lugar	14
3.1.1	<i>Localización</i>	14
3.1.2	<i>Características geográficas</i>.....	14
3.1.3	<i>Características climáticas</i>	15
3.2	Materiales y equipos.....	15
3.3	Metodología de investigación.....	15
3.3.1	<i>Selección del terreno</i>.....	15
3.3.2	<i>Adecuación del terreno</i>	15
3.3.3	<i>Construcción de la estructura</i>	16
3.3.4	<i>Adecuación de camas de lombricompost</i>	16
3.3.5	<i>Implementación del sistema de riego</i>	16
3.3.6	<i>Aplicación de la materia orgánica (estiércol bovino)</i>.....	16
3.3.7	<i>Implementación de lombrices</i>.....	16
3.4	Diseño experimental	16
3.4.1	<i>Análisis funcional</i>.....	17

3.5	Metodología de evaluación.....	17
3.5.1	<i>Estimación del volumen de agua requerida.....</i>	17
3.5.2	<i>Mediciones experimentales.....</i>	19
3.5.3	<i>Temperatura (°C), humedad (%) y pH de las camas de lombricompost.....</i>	19
3.5.4	<i>pH, MO, CE, macro y microelementos de lixiviados.....</i>	19
3.5.5	<i>Producción de lixiviados y su medición.....</i>	19
3.5.6	<i>Beneficio/costo.....</i>	20

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	21
4.1	Cantidad de líquidos en la producción de lixiviados con la implementación de lombricompost	21
4.2	Análisis de lixiviados según el valor nutricional producidos a base de estiércol de bovino en lombricompost.....	24
4.2.1	<i>Resultados de los análisis efectuados al sustrato del lombricompost del estiércol bovino</i>	24
4.2.1.1	<i>Temperatura del sustrato.....</i>	24
4.2.1.2	<i>Humedad del sustrato.....</i>	24
4.2.1.3	<i>pH del sustrato.....</i>	25
4.2.2	<i>Resultados de los análisis de laboratorio efectuados a los lixiviados en la etapa 1 y etapa 2</i>	26
4.2.2.1	<i>pH de los lixiviados</i>	26
4.2.2.2	<i>Materia orgánica del lixiviado</i>	28
4.2.2.3	<i>Conductividad eléctrica del lixiviado.....</i>	29
4.2.2.4	<i>Nitrógeno del lixiviado</i>	31
4.2.2.5	<i>Fosforo del lixiviado.....</i>	32
4.2.2.6	<i>Potasio de lixiviado</i>	34
4.2.2.7	<i>Calcio del lixiviado.....</i>	36
4.2.2.8	<i>Magnesio del lixiviado.....</i>	36
4.2.2.9	<i>Hierro del lixiviado</i>	37
4.2.2.10	<i>Zinc del lixiviado</i>	39
4.2.2.11	<i>Manganeso del lixiviado.....</i>	40
4.3	<i>Lombricompost a base de estiércol de bovino y el costo de producción de lixiviados determinado en el beneficio del agricultor</i>	41
	CONCLUSIONES.....	45
	RECOMENDACIONES.....	46

BIBLIOGRAFIA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica de la lombriz roja californiana	5
Tabla 2-2: Residuos orgánicos	8
Tabla 3-1: Materiales y equipos.....	15
Tabla 4-1: Volúmenes de agua requeridos.....	23
Tabla 4-2: Tiempo de aplicación diaria	23
Tabla 4-3: Análisis de varianza para promedios de temperatura del sustrato durante el ciclo	24
Tabla 4-4: Análisis de varianza para promedios de humedad de sustrato durante el ciclo	24
Tabla 4-5: Análisis de varianza para promedios de pH del sustrato durante el ciclo.....	26
Tabla 4-6: Análisis de varianza para el pH de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado.....	26
Tabla 4-7: Análisis de varianza para el pH en la etapa 2 de laboratorio del lixiviado.....	27
Tabla 4-8: Análisis de varianza para materia orgánica etapa 1 de laboratorio del lixiviado....	28
Tabla 4-9: Análisis de varianza para materia orgánica etapa 2 de laboratorio del lixiviado....	28
Tabla 4-10: Análisis de varianza conductividad eléctrica etapa 1 de laboratorio del lixiviado .	30
Tabla 4-11: Análisis de varianza conductividad eléctrica etapa 2 de laboratorio del lixiviado .	30
Tabla 4-12: Análisis de varianza del nitrógeno de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado	31
Tabla 4-13: Análisis de varianza de fósforo de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado	33
Tabla 4-14: Análisis de varianza del fosforo de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado	33
Tabla 4-15: Análisis de varianza de potasio de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado	34
Tabla 4-16: Análisis de varianza del potasio de la etapa 2 del laboratorio del lixiviado.....	35
Tabla 4-17: Análisis de varianza de calcio de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado	36
Tabla 4-18: Análisis de varianza del calcio de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado	36
Tabla 4-19: Análisis de varianza del magnesio de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado	37
Tabla 4-20: Análisis de varianza del magnesio de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado	37
Tabla 4-21: Análisis de varianza de hierro de la etapa 1 de laboratorio de lixiviado	38
Tabla 4-22: Análisis de varianza del hierro de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado	38
Tabla 4-23: Análisis de varianza de Zinc de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado	39
Tabla 4-24: Análisis de varianza del zinc de la etapa 2 del laboratorio del	
Tabla 4-25: Análisis de varianza de manganeso de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado.....	40
Tabla 4-26: Análisis de varianza del manganeso de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado.....	40
Tabla 4-27: Tabla re la relación beneficio/costo de la producción de lixiviados a base de estiércol bovino.....	41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Características de la lombriz californiana (<i>Elisea Foetida</i>).....	6
Ilustración 4-1: Prueba de Tukey al 5% para promedios de humedad del sustrato.....	25
Ilustración 4-2: Prueba de Tukey al 5% para pH de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado	27
Ilustración 4-3: Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica etapa 1	29
Ilustración 4-4: Prueba de Tukey al 5% para conductividad eléctrica etapa 1 de laboratorio de lixiviado	30
Ilustración 4-5: Prueba de Tukey al 5% para nitrógeno etapa 2 del laboratorio del lixiviado .	32
Ilustración 4-6: Prueba de Tukey al 5% para fosforo etapa 2 del laboratorio del lixiviado	33
Ilustración 4-7: Prueba de Tukey al 5% para potasio etapa 1 de laboratorio del lixiviado	35
Ilustración 4-8: Prueba de Tukey al 5% para hierro del análisis del lixiviada etapa 1 y 2.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL LIXIVIADO DE ESTIÉRCOL BOVINO ETAPA 1
- ANEXO B:** RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL LIXIVIADO DE ESTIÉRCOL BOVINO ETAPA 2
- ANEXO C:** ÁREA DONDE SE REALIZÓ LAS CAMAS DE LOMBRICOMPOST, LA LIMPIEZA Y DELIMITACIÓN
- ANEXO D:** CONSTRUCCIÓN DE LAS CAMAS DE LOMBRICOMPOST CON UNA CUBIERTA TIPO INVERNADERO
- ANEXO E:** RECOLECCIÓN DEL ABONO BOVINO (MO) Y COLOCACIÓN EN LAS CAMAS
- ANEXO F:** APLICACIÓN DE RIEGO CON MICROASPERSORES Y COLOCACIÓN DE LOMBRICES ROJAS CALIFORNIANAS (*EISENIA FOETIDA*)
- ANEXO G:** TOMA DE DATOS DE LAS CAMAS DE LOMBRICOMPOST (TEMPERATURA, HUMEDAD PH)
- ANEXO H:** RECOLECCIÓN DEL LIXIVIADO DE LAS DIFERENTES CAMAS DE LOMBRICOMPOTS

RESUMEN

Para este estudio se evaluó distintos volúmenes de agua con riego tecnificado para la obtención de lixiviados de lombricompost a base de estiércol de bovino. La metodología de investigación que se empleó fue de diseño experimental, en el cual se propuso la utilización de bloques completamente al azar, donde la evaluación se basó en cantidades de agua diferente en tres procesos repetitivos, a fin de generar un análisis causal para la obtención de los lixiviados. Los resultados obtenidos fueron por medio del análisis funcional, análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5%, cuando existió diferencia significativa entre los tratamientos. Como resultado, se logró determinar que el volumen de agua para la producción de lixiviados fue de 387.2 Lt, con un tiempo de aplicación de 3.99 h, los mismos que fueron fraccionados para los 7 días con una aplicación de 34 minutos diarios de 17 minutos en la mañana y 17 minutos en la tarde. Sin embargo, en los análisis realizados al sustrato no se obtuvo diferencia significativa en temperatura ni pH, aunque sí en la humedad del sustrato. En lo referente a los análisis de los lixiviados en la etapa 1 y 2 se observaron efectos significativos de pH, MO, CE, Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Hierro al obtener un p-valor $> 0,01$. Se concluyó, que de acuerdo a la relación beneficio/costo, el tratamiento V2 es el más rentable con una producción de lixiviado en 1000m² (lt), con un costo de producción de \$20.231 e ingreso total de \$24.000 dando un total de \$1,19. Se establece así que el proyecto es rentable económicamente y viable en producción del lixiviado.

Palabras clave: <LOMBRICOMPOST>, <LIXIVIADOS>, <PRUEBA DE TUKEY>, <ESTIÉRCOL DE BOVINO>, <RIEGO TECNIFICADO>, <ANÁLISIS DE VARIANZA>

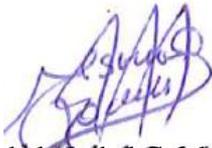
0623-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

This research aimed to evaluate different volumes of water with technified irrigation to get vermicompost leachates from bovine manure. The investigation methodology used was an experimental design, in which the use of a completely randomized block design was proposed, and the evaluation was based on different amounts of water in three repetitive processes to generate a causal analysis to get the leachate. The results were obtained by means of functional analysis, analysis of variance and Tukey's test at 5%, when there was a significant difference among the treatments. As a result, it was determined that the volume of water for leachate production was 387.2 litres, with an application time of 3.99 h, fractioned for the seven days with a daily application of 34 minutes as follows 17 minutes in the morning and 17 minutes in the afternoon. However, in the analyses carried out on the substrate, no significant difference in temperature or pH was obtained, although there was a significant difference in the humidity of the substrate. Regarding the analysis of the leachate in stages one and two, significant effects were observed for pH, OM, EC, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, and Iron, with a p-value > 0.01. It was concluded that, the benefit/cost ratio reached \$1.19, treatment V2 is the most profitable with a leachate production of 1000m² per litre, with a production cost of \$20,231 and total income of \$24,000. It is thus established that the project is economically profitable and viable in leachate production.

Keywords: <VERMICOMPOST>, <LEACHATE>, <TUKEY TEST>, <BOVINE MANURE>, <TECHNIFIED IIRIGATION>, <ANALYSIS OF VARIANCE>.



Esthela Isabel Colcha Guashpa

0603020678

INTRODUCCIÓN

La Lombricultura es una práctica agropecuaria que implica la cría controlada de lombrices en condiciones de cautiverio. Su propósito primordial, es la generación de humus de lombriz, un fertilizante completamente natural. Además, este método busca aumentar la población de lombrices conocida como biomasa, que representa una valiosa fuente de proteína (Reyes et al., 2004).

Este fertilizante natural es un compuesto altamente descompuesto y estable y contiene una combinación equilibrada de nutrientes de liberación rápida y lenta que son provechosos para el desarrollo de las plantas. La calidad nutricional del abono depende tanto de las características de los materiales iniciales como del proceso de producción. Por ejemplo, si el abono se expone a mucha lluvia durante su producción puede ocasionar la pérdida de nutrientes y otros compuestos por lavado. Además, el lombricompost cuenta con una alta población de microorganismos beneficiosos, por lo que es crucial mantener su humedad entre el 50% y el 60%, donde este material también contiene fitohormonas, que estimula el desarrollo de las plantas (Henriquez, y otros, 2003 pág. 5).

El lixiviado de vermicompost es un subproducto que contiene nutrientes, microorganismos y sustancias biológicamente activas, como ácidos fúlvicos y ácidos húmicos; además del agua liberada durante la descomposición del material orgánico (Loera et al., 2021). A medida que este lixiviado se filtra, sus características químicas y físicas son de vital importancia para comprender su potencial uso como fertilizante orgánico en la agricultura (Ceh et al., (2022 pág. 2).

Muchos factores, incluyendo la humedad, el oxígeno, la T° , el pH, el tamaño de las partículas, la relación C/N y la densidad aparente; afectan el proceso de compostaje y el producto del compost (Oazana et al., 2018). Sin embargo, la humedad sigue siendo el factor del que depende el efecto de todos los demás, dado que las actividades metabólicas y fisiológicas que influyen en la descomposición del sustrato y la mineralización de nutrientes giran en torno a la humedad (Li et al., 2020).

El agua en su nivel adecuado en materiales en descomposición garantiza un buen equilibrio entre la producción de oxígeno y los procesos de oxidación, por lo que un contenido de humedad insuficiente influye en la deshidratación de las pilas y ralentiza los procesos biológicos (Greenhouse gas emissions from windrow composting of organic wastes: Patterns and emissions factors, 2019). Las condiciones lábiles y anóxicas establecidas durante el compostaje también son el resultado de una utilización insuficiente o excesiva de la humedad (Luangwilai et al., 2018).

En este sentido, el uso de agua es crucial para las actividades metabólicas de los microorganismos responsables de degradar los desechos orgánicos, siendo típicamente la humedad óptima para lograr la máxima eficiencia en este proceso, entre el 45% y el 60%. Sin embargo, el calor generado durante la descomposición puede reducir la humedad del material (Guerra, 2020).

Con base en lo expuesto, se establece que la cantidad y la calidad del lixiviado pueden variar significativamente según las condiciones de producción del lombricompost, incluido el tipo y la cantidad de materia prima utilizada, la densidad de lombrices, la temperatura y, en particular, el nivel de humedad del sistema (Vermiliquer (Vermicompost Leachate) as a Complete Liquid Fertilizer for Hydroponically-Grown Pak Choi (*Brassica chinensis* L.) in the Tropics, 2014). El fin de la investigación, es trabajar con lombricompost, a través de la implementación de riego con tecnología para determinar el manejo de lixiviados con su componente principal el estiércol de bovino.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Problemática del problema

No hay muchas investigaciones a nivel local, con experiencia que se haya incorporado método de riego tecnificado que consideren volumen de agua a fin de obtener lixiviados a base de estiércol bovino.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar diferentes volúmenes de agua con riego tecnificado para la obtención de lixiviados de lombricompost a base de estiércol de bovino.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar los volúmenes de agua requeridos para la obtención de lixiviados en el proceso de lombricompost.
- Valorar la calidad nutricional de los lixiviados obtenidos a partir del lombricompost a base de estiércol de bovino.
- Analizar el beneficio costo de lixiviados obtenidos a partir del lombricompost a base de estiércol de bovino.

1.3 Justificación

Se ha considerado la importancia de la implementación de lombricompost con su base principal el estiércol de bovinos para la obtención de lixiviados que mejoren la calidad del suelo y, a su vez, que el rendimiento de los cultivos sea el adecuado en la producción de los sectores que pertenecen al ámbito de estudio.

Se conoce que los lixiviados son excelentes fertilizantes orgánicos debido a la cantidad de nutrientes que brindan a los cultivos, es por ello, que el trabajo con estiércol de bovino se vuelve fundamental para la producción de material con gran cantidad de N, P y K. Así, el mejoramiento

de la calidad del suelo y el desarrollo de los cultivos se basará en los micronutrientes adicionales que dicho fertilizante brinda en el proceso productivo.

Al considerar también que el manejo adecuado del estiércol de bovino se convierte en una forma eficiente y eficaz para reducir la contaminación al aire libre se entiende que el proceso de lombricompost realizado, a través de la crianza de lombrices, aporta en la obtención de lixiviados mejorando no solo la calidad de los suelos sino también la economía de los agricultores.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Nula

Ninguno de los volúmenes de agua evaluados influye en la calidad de lixiviados de estiércol de bovino.

1.4.2 Alterna

Al menos uno de los volúmenes de agua evaluados influye en la calidad de lixiviados de estiércol de bovino.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Lombricompost

Según (Farfán et al., 2022), la utilización de lombrices tiene la finalidad transformar los desechos orgánicos en productos naturales como el abono de lombriz, estos pueden ser tanto sólido como líquido. Los productos naturales son ricos en microorganismos y ayudará a incrementar el contenido de materia orgánica (MO) en el suelo, con el fin de preservar su fertilidad.

Se refiere a la cría de lombrices rojas en un entorno intensivo, seguro y controlado, donde estas lombrices, mediante sus procesos metabólicos, generan humus, que es esencialmente una mezcla de excrementos de lombrices con aspecto y aroma similar al de la tierra fresca y oscura. Este humus está compuesto por C, O, N e H y presencia de microorganismos, que es ampliamente reconocido como el abono orgánico de mayor calidad disponible, además es amigable con el medio ambiente, es segura y económica.

2.2 Lombriz roja californiana

2.2.1 Clasificación taxonómica

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica de la lombriz roja californiana

Taxón	Nombre
Reino	Animal
Tipo	Anélido (cuerpo anillado)
Familia	Lumbricidae.
Género	<i>Eisenia</i> .
Especie	<i>Foétid0a</i>

Fuente: Somarriba, et al., 2024, pág. 6.

Realizado por: Muñoz, J. 2023.

2.2.2 Características de la lombriz californiana (*Elisea Foetida*)

Según (Céspedes, 2019), la lombriz tiene una esperanza de vida de uno a cuatro años cuando se

cría en cautiverio, y tiene la capacidad de reproducirse semanalmente mediante fecundación cruzada. De esta unión, surgen dos cápsulas, como resultado; donde después de 21 a 23 días nacen entre 2 a 4 lombrices juveniles con las siguientes características: son de pequeño tamaño midiendo solo unos pocos milímetros de longitud, tienen un aspecto transparente, y después de los 50 a 65 días llegan a medir de 2 a 3 centímetros.

Del mismo modo, los juveniles exhiben comportamientos alimenticios similares a los de los ejemplares adultos. Son distinguibles por la presencia del clitelo, una estructura engrosada ubicada en la parte anterior de su cuerpo; además de sus dimensiones, que puede llegar hasta los 7 centímetros de longitud. Es esencial tener en cuenta varios aspectos como el rango de temperaturas, de preferencia debe de estar entre los 15 y 25°C, su alimentación incluye una extensa variedad de alimentos y son capaces de vivir en altas poblaciones.



Ilustración 2-1: Características de la lombriz californiana (*Elisea Foetida*)

Fuente: Céspedes, C., 2019.

2.3 Producción de lombricompost

Según (Céspedes, 2019), para la producción de lombricompost se requiere:

- Seleccionar el lugar donde se establecer la lombricera, con la finalidad de proteger a las lombrices que no estén expuestas directamente a la luz solar. Debe estar bajo techo y cubierta con una malla negra.

- Establecimiento del lecho de lombrices: Puede ser un cajón de unos 2 a 3 metros de largo, 50 cm de ancho y 50 cm de alto, puede estar forrado con plástico, y debe contener un orificio para la salida del líquido (Plan de manejo de lombrices , 2018).
- Se recomienda que en el lecho se coloque una capa de precompostaje de aproximadamente 10 cm de espesor, la cual debe ser humedecida antes de la siembra de las lombrices. Posteriormente, con la capa de alimento humedecida se procede a sembrar 20 kg de lombrices rojas californianas por cada metro cuadrado, cuya cantidad garantiza la producción de aproximadamente 3,6 toneladas de humus anuales. Finalmente, se cubre con precompostaje de un grosor de 2 a 3 cm, se procede a realizar una aspersión con EM pura y se tapa con un plástico para controlar la humedad.
- Es aconsejable disponer del alimento junto a las lombrices para que estas puedan alimentarse según su necesidad (Plan de manejo de lombrices , 2018), ya que indica que las lombrices procesan 1 g/día. Para una población de 25 mil lombrices en promedio/m², se deben alimentar con 25 kg de pre-compost por día, esto quiere decir que cada 10 días se alimentarán con 250 kg/m².
- Para la cosecha de lombricompost se puede realizar después de los 3 a 4 meses, pero esto dependerá del manejo que se haya realizado.

2.4 Requerimientos climáticos para la elaboración de lombricompost

2.4.1 Humedad

(Martínez, 2018 pp. 47-49) señala que el rango de humedad ideal está entre el 70% y el 85%. Se puede determinar la humedad utilizando el método del puño, donde si el material mantiene su forma y libera entre 8 a 9 gotas, la humedad es óptima (alrededor del 80%). Si el material se deforma completamente y se observa exceso de gotas de agua, significa que tiene demasiada humedad. Por otro lado, si el material se desmorona al abrir la mano, indica que presenta una falta de humedad.

2.4.2 Aireación

(Somarriba et al., (2004 pág. 9) indican que la aireación es remover los lechos con la ayuda de un rastrillo por lo menos cada 7 días y es un proceso vital.

2.4.3 Temperatura

(Martínez, 2018 pp. 47-49) indica que la temperatura optima es de 20-29°C, pero también pueden sobrevivir a temperaturas entre los 5-40°C.

2.4.4 pH

(Martínez, 2018 pp. 47-49) manifiesta que el pH óptimo para las lombrices es de 7, pero también pueden tolerar de 5 < pH < 9. Esto dependerá de la materia orgánica que se le incorpora y del tiempo de pre compostado.

2.4.5 Controles de luz

(Cabrera, 2020) menciona que las lombrices son muy sensibles a la luz, por la cual recomienda que la lombricompost se realice en un lugar que no dé directamente el sol, también se puede cubrir los lechos con lonas, pasto, plástico, con el fin de evitar la exposición directa al sol.

2.4.6 Riego

(Cabrera, 2020) señala que el riego debe ser uniforme. Se recomienda utilizar micro aspersores, con el fin de que distribuya el agua en forma llovizna fina.

2.5 Tipos de fuentes orgánicas para la obtención de lombricompost

2.5.1 Residuos orgánicos

Tabla 2-2: Residuos orgánicos

Características del residuo	
Estiércol de bovino	Para el alimento de las lombrices es recomendable mezclarlo con materia vegetal de fibra larga para tener un alimento blando evitando que se compacten ,y permitiendo que las lombrices vivan en el interior. Cabe mencionar que es un alimento con alto valor nutritivo.
Estiércol de conejo	Es uno de los alimentos que son de fácil manejo y son apetecidos por las lombrices.

Estiércol de caballo	De igual manera, es uno de los alimentos preferidos por las lombrices y de factible manejo.
Estiércol de oveja	Es de asequible manejo y un buen alimento para las lombrices.
Estiércol de gallina	Con este tipo de alimento se debe tener mucho cuidado, ya que es muy fuerte y se debe mezclar con algún alimento vegetal de fibra larga para disminuir su nivel de proteína, para que sea esponjoso.
Estiércol de cerdo	Es recomendable mezclarlo con fibra vegetal larga, con el fin de rebajar su nivel de proteína y que su alimento sea esponjoso.
Desechos de hortalizas	Con este tipo de alimento es recomendable incorporar materia vegetal de fibra larga, ya que estos desechos al descomponerse se hace tipo papilla.
Aserrines y virutas	Con este tipo de alimento hay que tener cuidado, ya que algunas maderas, en especial la madera roja que contiene alto contenido de taninos y lignina que puede matar a las lombrices, por esta razón es recomendable integrar fibra de materia vegetal larga.

Fuente: Villarica L., 2020.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

2.6 Valor nutricional del estiércol de bovino

Según (Arellano et al., 2014), el estiércol se considera como uno de los materiales ricos en nutrientes. En 1 Tn de estiércol bovino contiene alrededor de 42 kg de N, 18 kg de P y 26 kg de K, pero también contiene un aproximado de humedad del 50%.

2.7 Experiencia sobre la utilización del riego y microaspersión para la obtención de lombricompost

(Gallego, 2022) recomienda que el riego se haga por aspersión, con la finalidad de que el agua llegue a su totalidad de la pila. Para su riego, es preferible que lo haga con agua de lluvia, ya que el agua potable contiene cloro y es perjudicial para las lombrices. No se recomienda el riego a chorro, ya que formará puntos muertos.

(Mendoza, 2010 pp. 77-78) indica que para mantener su humedad el proceso de vermicompostaje, es necesario el riego con el uso de micro aspersores aportando un total de agua de 4.5 L/litera con una distancia de 9 metros largo de la cama.

(Patiño, 2017) menciona que el riego que se aplica a los lechos, se realiza a base de la experiencia que en su caso tuvieron en el Rancho, riego por aspersión, para lo cual utilizaron una bomba de 5 L y lo iban regando según lo requería los lechos.

2.8 Cantidad de líquidos requerido en lombricompost para la obtención de lixiviados

Menciona (Somarriba, (2004) que por las 500 libras de sustrato hay que utilizar 300 galones de agua, para así poder hacer el primer prelavado del sustrato tomando en cuenta que se realizará en la mañana y tarde durante 12 días. El sustrato deberá tener entre un 75 a 80% de humedad, por lo cual se recomienda regar los lechos cada 3 días utilizando 3 galones de agua/m².

2.9 Lixiviados

Para (Martínez, 2018), el lixiviado es un líquido que surge como consecuencia del desglose de los desechos orgánicos. Cabe mencionar que este tipo de lixiviado contiene nutrientes necesarios para las plantas, tanto para su crecimiento, desarrollo de botones en flores y frutos.

Menciona (Arredondo, 2021), que las lombrices californianas son las encargadas de transformar los desechos sólidos, a partir de ingestión y digestión obteniendo así el lixiviado que es un biofertilizante natural de alta calidad, que contiene macro y micronutrientes (N, P, K) (Zn, Fe, Cu, Mn, Mo, B, Ca, Mg, S, Na) proteínas, aminoácidos, enzimas y microorganismos, los cuales son esenciales para el crecimiento adecuado de la planta. Además, ayuda a la fertilidad de los suelos, ya que contiene humatos tales como ácidos húmicos y fúlvicos.

Según (Córdova et al., 2023), los lixiviados contienen nutrientes esenciales que como fertilizantes bien utilizados pueden aportar a la mejora de la calidad del suelo, a reducir la contaminación, a reducir el desperdicio como a aumentar la producción, entre otros. (Cruz y Hernández, 2014) añaden que por sus características físico químicas puede concluirse que mantienen un alto nivel de materia orgánica de fácil degradación, donde contienen valores altos de nutrientes, lo que da paso para que se constituya en biofertilizante líquido.

Para la caracterización de los lixiviados, es factible conocer la cantidad o porcentajes que en estos existen a partir de la determinación de parámetros físicoquímicos PH, (potencial de hidrógeno), CE (conductividad eléctrica) y contenido de MO (materia orgánica) (Reina, 2011). Además de los macroelementos N(nitrógeno), P (fósforo), Ca (calcio), Mg (magnesio), K (potasio) y Na (sodio), y los microelementos, Fe (hierro), Mn (manganeso).

2.9.1 Tratamiento de lixiviados

Cualquier líquido que sea contaminante para los vertederos deberá tratarse previo a ser dispuesto en un área. Durante este procedimiento se debe tomar en cuenta las particularidades del lixiviado, asimismo su destino. Los vertederos de RP (Residuos Peligrosos) se disponen en balsas impermeabilizadas con polietileno, en cambio los lixiviados de vertederos de RNP (Residuos No Peligrosos) se acumulan en balsas de material de hormigón. Para el tratamiento de los lixiviados se debe tomar en consideración lo siguiente:

2.9.1.1 Tratamiento térmico

Se usa el biogas que se forma en el mismo vertedero para que se dé un proceso de evaporación de los lixiviados y dé como resultado un lodo.

2.9.1.2 Biológico

Consta de tratamientos aerobios que usan microorganismos en presencia de oxígeno y agitación, y tratamiento anaerobio que tiene la misma primicia, pero los microorganismos se encuentran con falta de oxígeno.

2.9.1.3 Sistemas de membranas

Este tratamiento de lixiviados usa la ultrafiltración, ósmosis inversa, microfiltración, nanofiltración y ósmosis directa.

2.9.1.4 Tratamientos físico-químicos

Se encarga de erradicar las partículas coagulantes, ya sea las sales metálicas y los polielectrolitos, de igual modo actúan la coagulación, floculación y sedimentación.

2.9.2 Composición de lixiviados

- Materia orgánica (ácidos húmicos, química de oxígeno, ácidos grasos, fúlvicos y carbono orgánico).
- Metales pesados (plomo, cromo, nitrógeno, cadmio, zinc y cobre).

- Compuestos xenobióticos (alifáticos, hidrocarburos aromáticos, plastificantes, pesticidas, y fenoles).
- Macrocomponentes inorgánicos (magnesio, hierro, cloro, calcio, sodio, bicarbonato, potasio, manganeso, sulfato y NH_4^+).

2.10 Ácidos húmicos

Según (Elevaté, 2021), los ácidos húmicos se forman desde el proceso de descomposición de sustancias de origen orgánica, estos pueden ser tanto plantas como animales muertos, la cual se conoce a este proceso como humificación. Los ácidos húmicos ayudan a mejorar el suelo tanto en condiciones físicas, químicas y mecánicas, y la descomposición del medio ambiente, ya que tiene la capacidad de unir iones de metales pesados.

2.10.1 Beneficios de los ácidos húmicos en las plantas

(Tarazona, 2021) indica que las plantas reciben varios beneficios de los ácidos húmicos tales como:

- Favorecen la capacidad germinativa de las semillas.
- Ayuda al surgimiento y crecimiento de las raíces.
- Aumenta el rendimiento del cultivo.
- Mayor resistencia a plagas y enfermedades.
- Resistencia a sequías y heladas.
- Resistencia al estrés.

2.11 Ácidos fúlvicos

Para (Agroactivocol, 2020), los ácidos húmicos ayudan al crecimiento de las plantas, a los nutrientes que penetren y se transporten en las plantas, a través de la membrana tanto células foliares y radiculares. Como características de los ácidos fúlvicos estimula la capacidad de antiestrés, aporta a mejorar el vigor de la planta, tiene buena permeabilidad y fácil absorción por los cultivos comerciales como pueden ser uvas, sandías, manzana.

Menciona (Geoquímica Ibcer, 2018) que los ácidos fúlvicos son derivados de los ácidos húmicos, ya que es una sustancia orgánica natural. Ayuda a las plantas a que haya una división molecular para alentar su crecimiento. Al momento de mezclarlo con otros tipos de nutrientes, el pH desciende y favorece a los cultivos que no tienen el cuidado de los agricultores.

2.12 Relación C/N

Según (Román et al., 2013), la relación C/N se obtiene a partir de la relación numérica al dividir el contenido del carbono total sobre el contenido de nitrógeno total del material a compostar.

(Ruiz, 2011) menciona que en la elaboración de la lombricomposta lo ideal es la relación de C/N que debe estar en un rango de 20-35:1 teniendo en cuenta que el nitrógeno se encuentra en alto contenido en los residuos de los animales, en cambio, el carbono se encuentra en los residuos de poda.

Según (Luna et al., 2007), la relación de C/N que presenta el estiércol bovino o de vaca es baja, presenta de 19:1 a 40:1.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Características del lugar

3.1.1 Localización

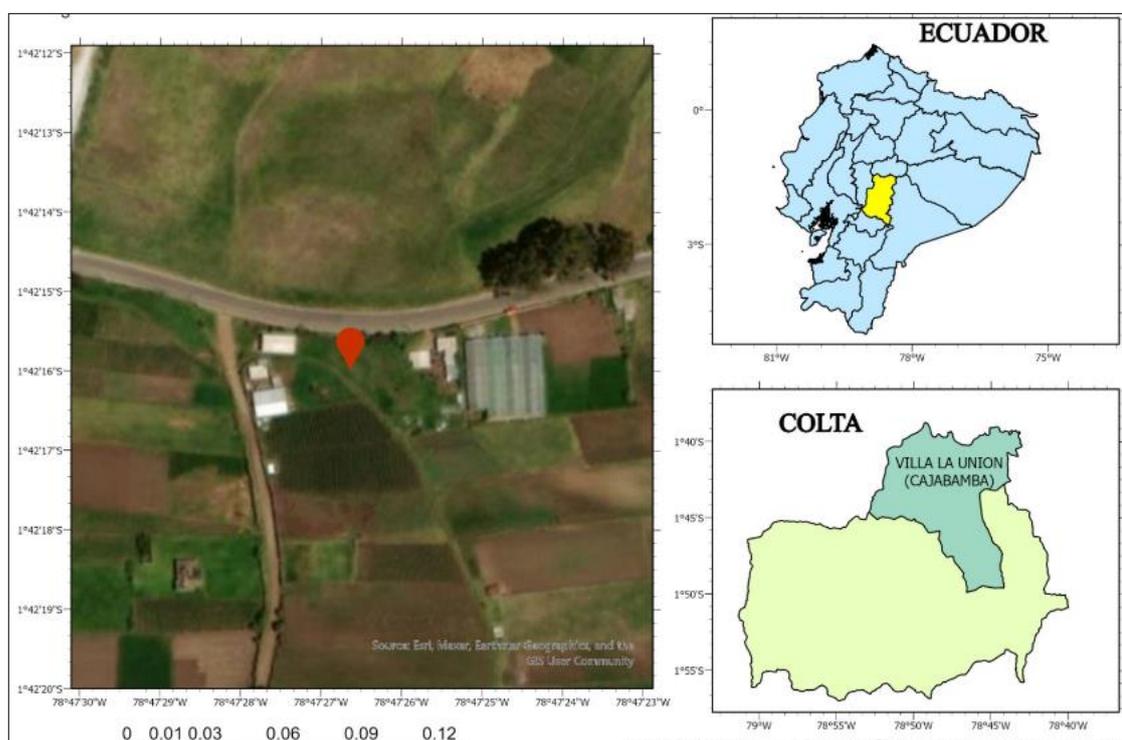


Ilustración 3 – 1: Mapa de ubicación de la ESPOCH Facultad De Recursos Naturales Agronomía

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

El trabajo de investigación se realizó en la comunidad la Pradera del cantón Colta de la provincia de Chimborazo. Se encuentra ubicada en la región noroccidental, a 18 km de la ciudad de Riobamba.

3.1.2 Características geográficas

La comunidad la Pradera se encuentra ubicada en la parte central del Ecuador, específicamente en el Cantón Colta. Al ser un lugar ubicado en la zona alta se encuentra a 3.419 m.s.n.m. Sobre el nivel del mar, en las coordenadas Latitud: 1°39' a 1° 54' al sur y Longitud: 78° 36' a 78° 59' al occidente (GAD Municipal Colta, 2018).

3.1.3 Características climáticas

La temperatura media varía entre 6 y 20 grados Celsius, con una precipitación anual promedio de 250 a 100 milímetros. La humedad relativa se sitúa en torno al 73% (GAD Municipal Colta, 2018).

3.2 Materiales y equipos

Tabla 3-1: Materiales y equipos

Materiales de campo	
Plástico	Arena
Palos	Clavos
Bloques	Tubos para el riego
Cemento	
Equipos	
Medidor de calidad del suelo (temperatura, humedad, ph) – SMART SENSOR PH328.	Microaspersor SENNINGER UPCOMP 2P 1/2
Termómetro	Medidor de Ph
Higrómetro	Conductímetro
Insumos	
Estiércol bovino	Lombriz roja californiana

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

3.3 Metodología de investigación

3.3.1 Selección del terreno

El área destinada para el desarrollo de la investigación está ubicada en una zona cerrada, la cual está protegida de animales. Tiene acceso fácil para el uso del agua, recolección de la materia orgánica (estiércol bovino).

3.3.2 Adecuación del terreno

Se realizó la limpieza de área destinada retirando todo tipo de material vegetal, piedras con la utilización de azadas, picos, con la finalidad de nivelar y limpiar el sitio.

3.3.3 Construcción de la estructura

Se construyó con material de bloques, la cual se determinó y diseñó el área neta de las 9 camas, cuyas dimensiones son de 2.20 metros de largo, 2.20 metros de ancho y 63 cm de altura para cada cama. Se consideró que deben tener una pendiente 2.57° , con la finalidad de que el líquido tenga una caída hacia los baldes. Las camas de lombricompost están protegidas por una cubierta tipo invernadero construido de plástico, con la finalidad de mantener protegida de algún tipo de animal, y mantener la temperatura estable dentro de las camas.

3.3.4 Adecuación de camas de lombricompost

Cada una de las camas de lombricompost fueron cubiertas con plástico, para evitar una excesiva evaporación del sustrato.

3.3.5 Implementación del sistema de riego

En la implementación del sistema de riego se utilizaron tubos de PVC y microaspersores SENNINGER UPCOMP 2P 1/2, es de una boquilla #3 @ 77 lph (blanco), con un caudal de 64 (lph), diámetro de 6.20 (m). Esto permite la obtención de patrones de gotas muy pequeñas de forma constante en el riego.

3.3.6 Aplicación de la materia orgánica (estiércol bovino)

En el presente estudio se empleó el estiércol bovino, en el cual se colocó 8 cm de altura en cada cama y se fue incorporando cada 8 días la materia orgánica. Previo a la instalación se envió una muestra de estiércol bovino para su análisis en el laboratorio de suelos ESPOCH.

3.3.7 Implementación de lombrices

Se utilizó lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y se colocaron 3 kilos para cada cama, ya que la lombriz utiliza la materia orgánica como fuente de alimento y ayuda a la descomposición del estiércol bovino.

3.4 Diseño experimental

Para la ejecución de la investigación se propuso la experimentación de diseño de bloques

completamente al azar, en donde la evaluación se basa con 3 cantidades de agua diferente en 3 procesos repetitivos, a fin de generar un análisis causal para la obtención del lixiviados determinado de la siguiente forma:

- V1 volumen requerido.
- V2 volumen requerido +25% H₂O.
- V3 volumen requerido- 25% H₂O.

3.4.1 Análisis funcional

- Análisis de varianza (ANOVA)
- Prueba de Tukey al 5% cuando hay diferencia significativa entre los tratamientos.
- Se realizó el análisis económico beneficio/costo.

3.5 Metodología de evaluación

3.5.1 Estimación del volumen de agua requerida

Se ha considerado para el cálculo de líquido requerido o volumen de agua, en primer lugar, la utilización de micro aspersor donde el caudal es unitario, el número de camas lombricompost y su área, y la cantidad de micro aspersores en espacio húmedo.

En el siguiente ensayo se analizó con la utilización de 9 camas incorporadas con estiércol de bovino y adicionadas lombrices rojas californianas, en áreas determinadas de 2.20 x 2.20 m² considerando distintas cantidades de agua en cada una, a fin de determinar la cantidad adecuada de líquido para la obtención de lixiviados desde el proceso productivo de lombricompost desarrollado de la siguiente forma:

- La colocación de estiércol bovino se la realizó con 8 cm de alto y adicionando materia orgánica con un lapso de 8 días.
- Para el cálculo de la cantidad de agua se tomó como referencia el alto de la capa de estiércol bovino.

- Cálculo del caudal del microaspersor:

Para determinar el caudal del microaspersor se realizó lo siguiente: se tomó cuatro tiempos

(segundos) en un recipiente de un litro, se determinó el tiempo total y se dividió para los cuatro tiempos tomados determinando el tiempo promedio.

$$Q = \frac{V}{T}$$

Dónde:

Q es el caudal en litros por hora (Lt/h).

V es el volumen de agua en litros (Lt).

T es el tiempo en segundos que dura el riego.

- **Cálculo del área mojada (A):**

El cálculo del área húmeda en una zona se realiza con la siguiente fórmula:

$$A = lado \times lado$$

Dónde:

Se considera que A es la superficie en metros cuadrados (m²).

El lado determina el lado de la cama de la lombricompostera medida en metros (m).

- **Cálculo del volumen de agua requerido (V):**

La cantidad o volumen de agua que se necesita se calcula en función de la superficie de la cama y el alto o cantidad de materia orgánica que se coloque para el lombricompost:

$$V = A \times h$$

Dónde:

V Determina la cantidad de líquido (agua) necesitado en litros (Lt).

A Se considera la superficie en metros cuadrados de la cama instalada.

h Es la cantidad medida a lo alto (m) de materia orgánica colocada en cada cama de lombricompost.

- En el proceso investigativo se consideró importante el cálculo del volumen de agua para realizar los ajustes y alcanzar condiciones adecuadas de humedad por cama, a fin de aplicar la cantidad adecuada para una producción de lixiviados óptima.
- Se realizó el cálculo del número de micro aspersores necesarios para mantener la humedad adecuada en cada una de las camas productoras que permitan una aplicación de riego uniforme en las lombricomposteras.

3.5.2 Mediciones experimentales

En el ensayo del lombricompost, se tomó datos diarios de temperatura (°C), humedad (%) y pH con la ayuda de un medidor específico de cada propósito.

Se realizó análisis del lixiviado en el laboratorio de suelo en la Facultad de Recursos Naturales – ESPOCH, se determinó el pH, MO, CE, macro y microelementos (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn) y un análisis de la materia orgánica (estiércol bovino) que se determinó los macro y microelementos (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn).

3.5.3 Temperatura (°C), humedad (%) y pH de las camas de lombricompost

La medición del estiércol bovino se la realizó de forma diaria en horas de la mañana considerando la misma hora a fin de reducir el margen de error, las muestras fueron tomadas en cada una de las camas de lombricompost con los indicadores de temperatura en grados centígrados (°C), la humedad en porcentaje (%) y el nivel de pH.

3.5.4 pH, MO, CE, macro y microelementos de lixiviados.

Para valorar la calidad nutricional de los lixiviados obtenidos mediante el lombricompost se realizaron análisis de los lixiviados en dos fases:

- Etapa 1: Involucró la recolección de muestras cuando la cama de lombricompost estaba a la mitad de su capacidad.
- Etapa 2: Las muestras se tomaron una vez que la cama alcanzó su capacidad total.

Estas muestras se sometieron a un análisis para determinar su contenido nutricional incluyendo pH, MO, CE, y la concentración de nutrientes como N, P, K y otros elementos importantes para aplicaciones foliares y edáficas de los cultivos. Además, se realizó un análisis de materia orgánica (estiércol bovino) del lombricompost para evaluar su contenido nutricional y su calidad.

3.5.5 Producción de lixiviados y su medición

Fue importante la medición diaria de la producción de lixiviados y la utilización de recipientes

que permitan la identificación en mililitros, a fin de almacenar en recipientes adecuados y espacios donde no reciban la luz solar totalmente oscuro.

3.5.6 *Beneficio/costo*

En la investigación se consideró importante el análisis del beneficio que obtendrían los agricultores, en función del costo de producción de lixiviados obtenidos a través del lombricompost de bovinos, de la siguiente forma:

- La implementación de camas de lombricompost debe ser evaluada desde la producción de la cantidad de lixiviados considerando la mano de obra como los insumos requeridos, y los equipos utilizados en cada proceso estos como costos directos. Adicionalmente, para la evaluación de los costos indirectos se tomó como referencia el uso de instalaciones y servicios.
- En el cálculo de los costos de producción se consideraron indirectos y directos, a fin de determinar el costo total de implementación.
- La determinación del cálculo de ingresos se consideró luego de la venta de materia orgánica y lixiviados con el volumen estimado de la investigación de un área de 1000m².
- Se evaluó la viabilidad económica en relación con el costo/beneficio de la implementación de procesos de producción de lixiviados a través de lombricompost.

Se realizó el análisis económico con la ayuda de la siguiente formula (Luna et al., 2023 p. 2):

$$\text{Relación Beneficio/Costo} = \frac{IT}{CT}$$

Dónde:

R B/C: relación beneficio costo.

IT: ingresos totales por ventas del producto.

CT: costos totales.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Cantidad de líquidos en la producción de lixiviados con la implementación de lombricompost

Para determinar los volúmenes de agua se efectuaron los siguientes cálculos:

Datos:

T: tiempo en segundos.

T1: 41.02 seg.

T2: 35.07 seg.

T3: 36.19 seg.

T4: 36.43 seg .

$$\text{Tiempo promedio: } \frac{148.71}{4} = 37.17 \text{ seg}$$

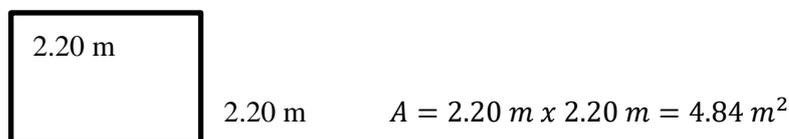
$$\text{Tiempo promedio: } 37.17 \text{ seg} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}} = 0.010325 \text{ h}$$

Q: caudal del microaspersor

$$Q = \frac{V}{T} = \frac{1 \text{ Lt}}{0.010325 \text{ h}} =$$

$$Q = 96.85 \frac{\text{Lt}}{\text{h}}$$

Medida de la cama



Altura de la materia orgánica a colocar en las camas: 8 cm, con una frecuencia de cada 7 días.

$$8 \text{ cm} \times \frac{10 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = 80 \text{ mm}$$

$$1 \frac{\text{Lt}}{\text{m}^2} \times 4.84 \text{ m}^2 = 4.84 \text{ Lt}$$

Volumen requerido 1:

$$\begin{array}{r} 4.84 \text{ Lt} \quad 1 \text{ mm} \\ x \quad 80 \text{ mm} \end{array}$$

$$\text{Volumen requerido 1} = \frac{4.84 \text{ Lt} \times 80 \text{ mm}}{1 \text{ mm}}$$

$$\text{Volumen requerido 1} = 387.2 \text{ Lt}$$

$$\begin{array}{r} 1 \text{ h} \quad 96,85 \text{ Lt} \\ x \quad 387,2 \text{ Lt} \end{array}$$

$$\text{Tiempo de aplicación 1} = \frac{1 \text{ h} \times 387,2 \text{ Lt}}{96,85 \text{ Lt}}$$

$$\text{Tiempo de aplicación 1} = 3,99 \text{ horas}$$

Volumen requerido 2 + 25%:

$$\text{Volumen requerido 2} = 387.2 + 96.8 =$$

$$\text{Volumen requerido 2} = 484 \text{ Lt}$$

$$\begin{array}{r} 1 \text{ h} \quad 96,85 \text{ Lt} \\ x \quad 484 \text{ Lt} \end{array}$$

$$\text{Tiempo de aplicación 2} = \frac{1 \text{ h} \times 484 \text{ Lt}}{96,85 \text{ Lt}}$$

$$\text{Tiempo de aplicación 2} = 4,99 \text{ horas}$$

Volumen requerido 3 – 25%:

$$\text{Volumen requerido 3} = 387,2 - 96,8 =$$

$$\text{Volumen requerido 3} = 290,4 \text{ Lt}$$

$$\begin{array}{r} 1 \text{ h} \quad 96,85 \text{ Lt} \\ x \quad 290,4 \text{ Lt} \end{array}$$

$$\text{Tiempo de aplicación 3} = \frac{1 \text{ h} \times 290,4 \text{ Lt}}{96,85 \text{ Lt}}$$

$$\text{Tiempo de aplicación 3} = 2,99 \text{ horas}$$

Tabla 4-1: Volúmenes de agua requeridos

Tratamientos	Volumen requerido (Lt)	Tiempo de aplicación (h)
V1	387.2 Lt	3.99 h
V2	484 Lt	4.99 h
V3	290.4 Lt	2.99 h

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Tabla 4-2: Tiempo de aplicación diaria

Días	Tiempo de aplicación para V1 (min)	Tiempo de aplicación para V2 (min)	Tiempo de aplicación para V3 (min)
1	34 min	44 min	26 min
2	34 min	44 min	26 min
3	34 min	44 min	26 min
4	34 min	44 min	26 min
5	34 min	44 min	26 min
6	34 min	44 min	26 min
7	36 min	34 min	26 min
Total	3.99 h	4.99 h	2.99 h

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Para asegurar la aplicación total de los volúmenes requeridos, se estableció una distribución diaria de los tiempos de riego (Tabla 4-2). En el caso del tiempo de aplicación 1 se destinaron 17 minutos por la mañana y 17 por la tarde dando un total de 34 minutos por día. En el tiempo de aplicación 2, se destinaron 22 minutos en la mañana y 22 en la tarde dando un tiempo total de 44 minutos por día. En el tiempo de aplicación 3 se destinaron 13 minutos en la mañana y 13 en la tarde dando un tiempo total de 26 minutos por día, durante los siete días de la semana, con la finalidad de cumplir con el total de volumen de agua requerido para cada tratamiento.

4.2 Análisis de lixiviados según el valor nutricional producidos a base de estiércol de bovino en lombricompost

4.2.1 Resultados de los análisis efectuados al sustrato del lombricompost del estiércol bovino

4.2.1.1 Temperatura del sustrato

Según la Tabla 4-3, en el análisis de varianza para promedios de temperatura del sustrato durante el ciclo, no se obtuvo diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V.) de 0,39%.

Tabla 4-3: Análisis de varianza para promedios de temperatura del sustrato durante el ciclo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	0,02	2	0,01	1,27	0,3741	ns
Tratamientos	0,01	2	0,01	1,09	0,4185	ns
Error	0,03	4	0,01			
Total	0,06	8				
C.V.	0,39%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

4.2.1.2 Humedad del sustrato

Según la Tabla 4-4, en el análisis de varianza para los promedios de humedad del sustrato durante el ciclo, se obtuvo diferencias altamente significativas (**) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 0,58%.

Tabla 4-4: Análisis de varianza para promedios de humedad del sustrato durante el ciclo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Repeticiones	0,58	2	0,29	1,64	0,2966	ns
Tratamientos	25,76	2	12,88	74,01	0,0007	**
Error	0,70	4	0,17			
Total	27,04	8				
C.V.	0,58%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

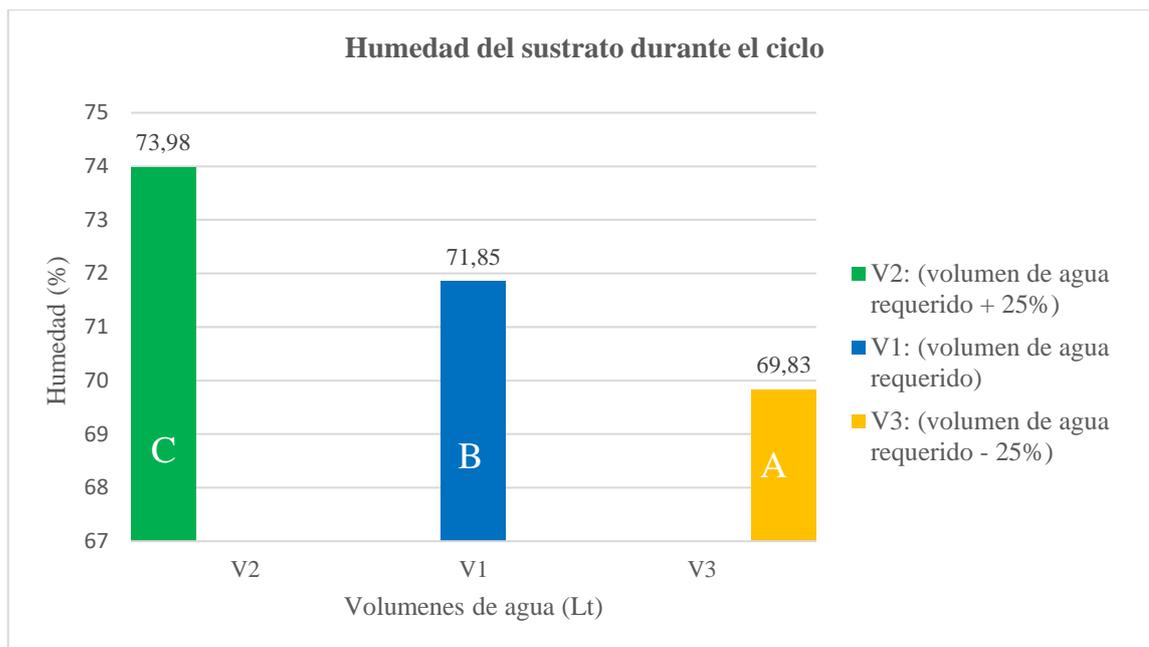


Ilustración 4-1: Prueba de Tukey al 5% para promedios de humedad del sustrato

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la ilustración 4-1, la prueba de Tukey al 5% para promedios de humedad del sustrato durante el ciclo se observan tres grupos, en el grupo C con una media de 73.98% se ubica el tratamiento V2 (volumen de agua requerido + 25%) y en el grupo A con una media de 69.83% se encuentra V3 (volumen de agua requerido - 25%).

El mayor contenido de humedad (73.98%) se encuentra en el tratamiento V2 (volumen de agua requerido + 25%), esto puede deberse a la cantidad de agua suministrada y a la capacidad de retención de agua del estiércol. Los resultados sobrepasan a los valores obtenidos por Herrera (2022 p. 65), donde se observó que el sustrato de bovino obtuvo un 67,20% de humedad, cuyos límites alcanzados varían entre el 83% al 39% de humedad, datos que son favorables para el cultivo. En cambio, en los resultados obtenidos por Arias y Reyes (2018 p. 44), el valor se incrementó al 132%.

4.2.1.3 pH del sustrato

Según la Tabla 4-5, en el análisis de varianza para los promedios de pH del sustrato durante el ciclo, se obtuvo que no existe diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 1,14%.

Tabla 4-5: Análisis de varianza para promedios de pH del sustrato durante el ciclo

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	0,01	2	4,5E-03	0,89	0,4773	ns
Tratamientos	0,02	2	0,01	1,60	0,3080	ns
Error	0,02	4	0,01			
Total	0,05	8				
C.V.	1,14%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

4.2.2 *Resultados de los análisis de laboratorio efectuados a los lixiviados en la etapa 1 y etapa 2*

4.2.2.1 *pH de los lixiviados*

Según la Tabla 4-6, en el análisis de varianza para el pH la etapa 1 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que existe diferencia altamente significativa (**) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 0,32%.

Tabla 4-6: Análisis de varianza para el pH de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	0,10	2	0,05	59,68	0,0011	**
Tratamientos	0,50	2	0,25	309,10	<0,0001	**
Error	3,2E-03	4	8,1E-04			
Total	0,60	8				
C.V.	0,32%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la Tabla 4-7, en el análisis de varianza de pH de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que no existe diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 2,18%.

Tabla 4-7: Análisis de varianza para el pH en la etapa 2 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	0,25	2	0,12	3,83	0,1178	ns
Tratamientos	0,07	2	0,03	1,07	0,4241	ns
Error	0,13	4	0,03			
Total	0,44	8				
C.V.	2,18%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

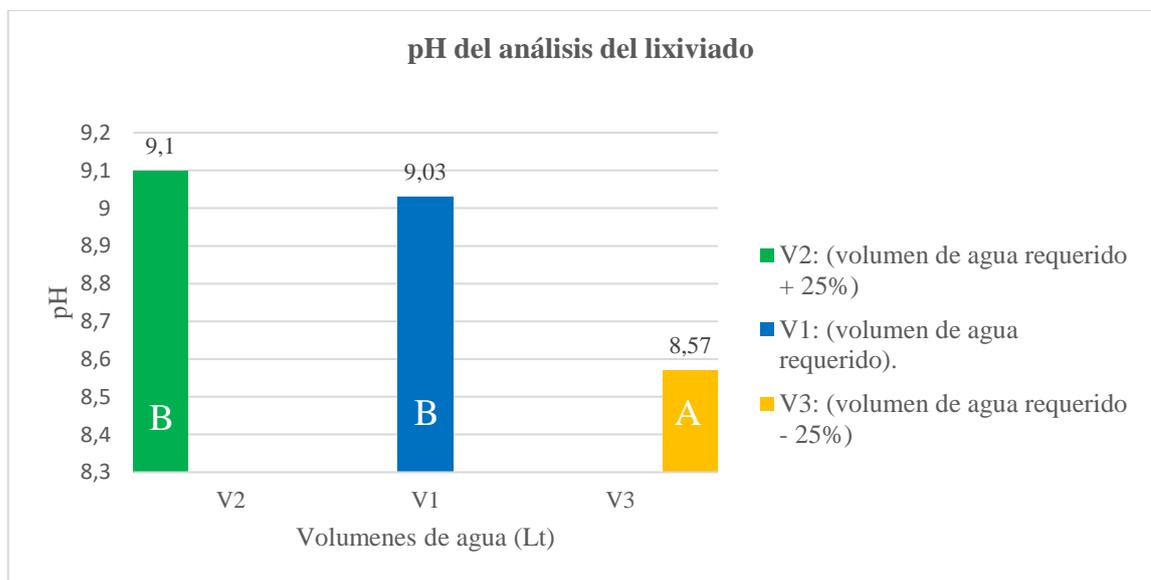


Ilustración 4-2: Prueba de Tukey al 5% para pH de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la ilustración 4-2, la prueba de Tukey al 5% para pH de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado se observan dos grupos, en el grupo B con una media de 9.10 se ubica el tratamiento V2 (volumen de agua requerido + 25%), y una media de 9.03 que se ubica el tratamiento V1 (volumen requerido), y el grupo A con una media de 8.57 se encuentra el tratamiento V3 (volumen de agua requerido - 25%).

El mayor contenido de pH se encuentra en el tratamiento V2 (volumen de agua requerido + 25%), lo que indica que es necesario un aumento de volumen de agua para alcanzar un mayor nivel del componente. El resultado de Chávez y Fuentes (2013), quienes efectuaron el estudio durante 9 semanas desde el inicio de producción, no difiere en gran medida con lo obtenido en el estudio, en tanto, en la semana 1 alcanzó un pH de lixiviado en estiércol bovino de 9.40, a la semana 5

obtuvo 9.3 y para la semana 9 alcanzó un total de 9.3. Maraña et al. (2018) obtuvo un pH de 7.35 de lixiviado de lombriz y estiércol bovino.

4.2.2.2 *Materia orgánica del lixiviado*

Según la Tabla 4-8, en el análisis de varianza para la materia orgánica de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que existe diferencia altamente significativa (**) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 4,01%.

Tabla 4-8: Análisis de varianza para materia orgánica etapa 1 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	5,92	2	2,96	3,93	0,1138	Ns
Tratamientos	151,28	2	75,64	100,46	0,0004	**
Error	3,01	4	0,75			
Total	160,21	8				
C.V.	4,01%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la Tabla 4-9, en el análisis de varianza de materia orgánica de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que no existe diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 6,32%.

Tabla 4-9: Análisis de varianza para materia orgánica etapa 2 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	66,13	2	33,07	29,83	0,0039	**
Tratamientos	0,27	2	0,13	0,12	0,8900	Ns
Error	4,43	4	1,11			
Total	70,83	8				
C.V.	6,32%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

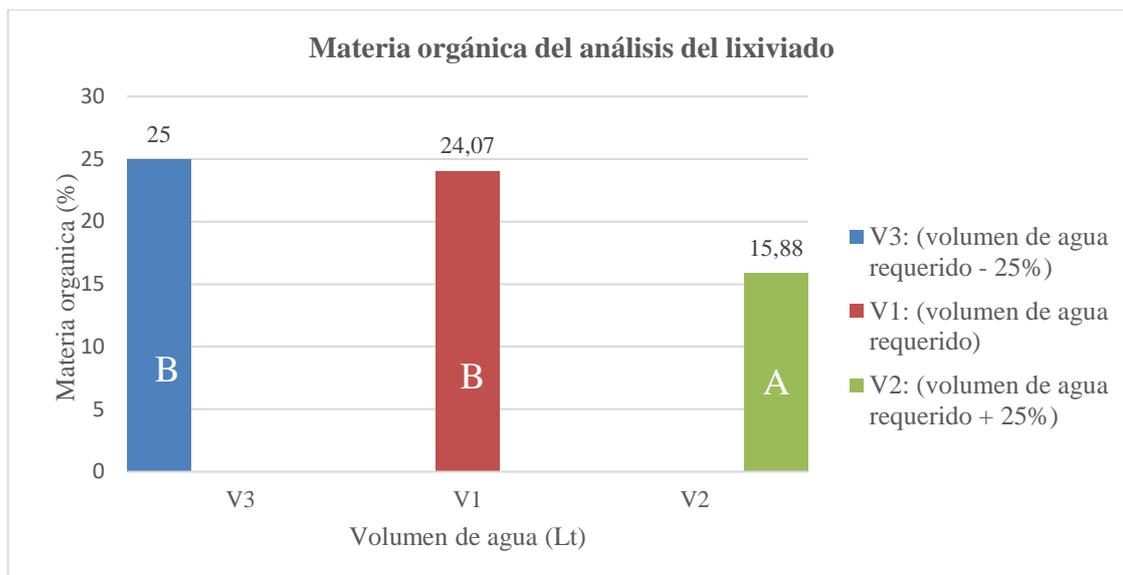


Ilustración 4-3: Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica etapa 1 del laboratorio del lixiviado

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la ilustración 4-3, la prueba de Tukey al 5% para la materia orgánica de la etapa 1 del laboratorio del lixiviado se observan dos grupos, en el grupo B con una media de 25.00% se ubica el tratamiento V3 (volumen de agua requerida-25%), el tratamiento V1 (volumen requerido) con una media de 24.07% y el grupo A con una media de 15.88% se encuentra el tratamiento V2 (volumen de agua requerido +25%).

El mayor contenido de material orgánico se halla en el tratamiento V3 (volumen de agua requerida-25%) con el 25%, resultado que puede deberse a la cantidad menor de agua suministrada en la prueba. Los resultados obtenidos por Patiño (2017 p. 36) dieron, en cambio, un valor de 0,79%, donde de las 2 camas recolectoras sobre lixiviados procedentes de la lombricultura en base a estiércol bovino, no existió diferencia significativa. De su lado, la investigación de Venegas y Pincay (2024 p. 3498) obtuvo un alto contenido de materia orgánica del 13,1% de lixiviado de vermicompost de estiércol bovino.

4.2.2.3 Conductividad eléctrica del lixiviado

Según la Tabla 4-10, en el análisis de varianza de conductividad eléctrica de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que existe diferencia altamente significativa (**) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 0,91%.

Tabla 4-10: Análisis de varianza conductividad eléctrica etapa 1 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	G1	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	0,01	2	0,01	2,15	0,2319	*
Tratamientos	24,80	2	12,40	4164,83	<0,0001	**
Error	0,01	4	3,0E-03			
Total	24,83	8				
C.V.	0,91%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la Tabla 4-11, en el análisis de varianza de conductividad eléctrica de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que no existe diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 14,50%.

Tabla 4-11: Análisis de varianza conductividad eléctrica etapa 2 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	G1	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	23,33	2	11,66	26,78	0,0048	**
Tratamientos	1,75	2	0,88	2,01	0,2488	Ns
Error	1,74	4	0,44			
Total	26,82	8				
C.V.	14,50%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

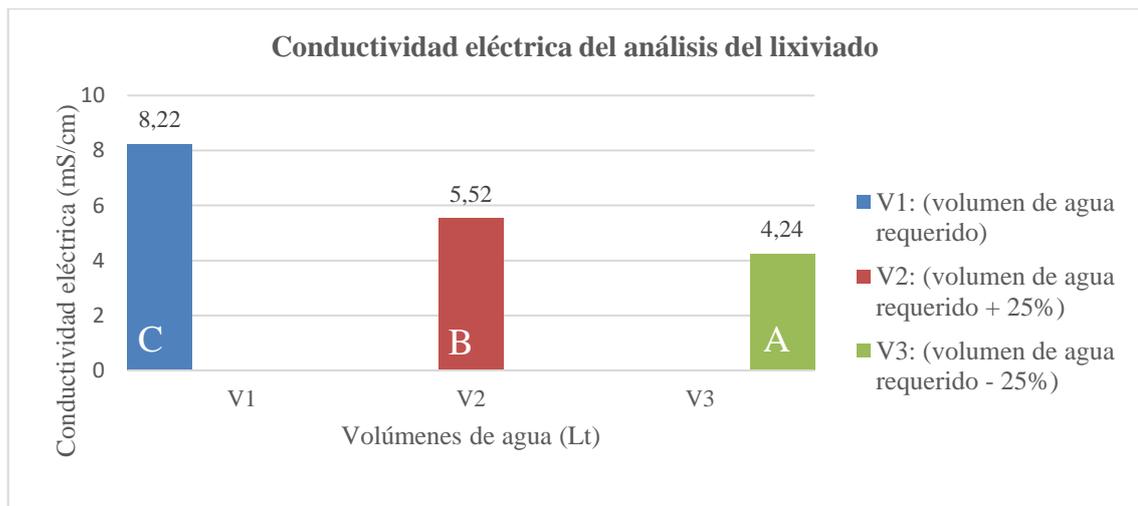


Ilustración 4-4: Prueba de Tukey al 5% para conductividad eléctrica etapa 1 de laboratorio de lixiviado

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la ilustración 4-4, la prueba de Tukey al 5%, para la conductividad eléctrica de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado se observan tres grupos, en el grupo C con una media de 8.22 mS/cm se ubica el tratamiento V1 (volumen de agua requerido), en el grupo B con una media de 5,52 mS/cm se encuentra en el tratamiento V2 (volumen de agua requerido + 25%), y en el grupo A con una media de 4.24 mS/cm se encuentra el tratamiento V3 (volumen de agua requerido - 25%).

El mayor contenido de conductividad eléctrica se obtiene en el tratamiento V1 (volumen de agua requerido) con el 8,22%, lo que indica que no se requiere aumento ni disminución de volumen de agua para alcanzar un mayor nivel del componente. Del estudio de Arias y Reyes (2018 p. 44), se obtuvo, en cambio, el 38,6 ds/m de lixiviado de estiércol bovino.

4.2.2.4 Nitrógeno del lixiviado

La falta de variabilidad en los datos del nitrógeno del lixiviado correspondiente a la etapa 1, dificultó la realización del análisis de varianza, debido a que los valores de nitrógeno fueron muy similares entre los diferentes tratamientos, y, por lo tanto, no se pudo identificar suficiente variabilidad en los datos, dado que se requiere diferencias significativas entre los grupos para poder detectar patrones o relaciones estadísticamente significativas.

Según la Tabla 4-12, en el análisis de varianza de nitrógeno de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que existe diferencia altamente significativa (**) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 7,90%.

Tabla 4-12: Análisis de varianza del nitrógeno de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	2.9E-06	2	1.4E-06	1,00	0,4444	Ns
Tratamientos	6.7E-05	2	3.3E-05	23,15	0,0063	**
Error	5.8E-06	4	1.4E-06			
Total	7.6E-05	8				
C.V.	7,90%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

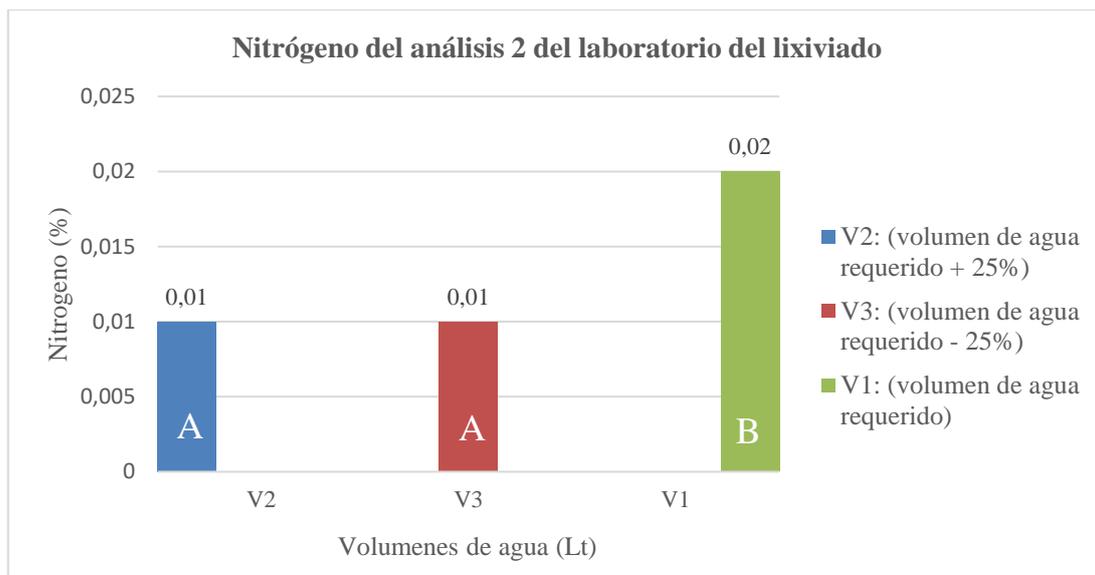


Ilustración 4-5: Prueba de Tukey al 5% para nitrógeno etapa 2 del laboratorio del lixiviado

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la ilustración 4-5, la prueba de Tukey al 5% para el nitrógeno de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado se observan dos grupos, el grupo A con una media de 0.01% se ubica el tratamiento V2 (volumen de agua requerida + 25%), el tratamiento V3 (volumen de agua – 25%) con una media de 0.01%, y el grupo B con una media de 0.02% se encuentra el tratamiento V1 (volumen de agua requerido).

Los resultados obtenidos difieren de manera significativa con el estudio desarrollado por Patiño (2017 p. 48), en el cual, el análisis de las muestras reveló que en la primer cama se obtuvo un valor de 0,10%, el mismo valor se obtuvo con la segunda cama. La concentración elevada puede obedecer a distintas causas como la dieta, la alimentación, la especie de la lombriz utilizada y a la edad del bovino. Por otro lado, en el estudio de Maraña et al., (2018 p. 4) , se obtuvo 40,27 mg L-1 de nitrógeno total en el análisis de lixiviado de lombriz realizado con estiércol bovino con un total de cuatro camas.

4.2.2.5 Fosforo del lixiviado

Según la Tabla 4-13, en el análisis de varianza de fosforo de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que no existe diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 15,31%.

Tabla 4-13: Análisis de varianza de fósforo de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	6,7E-05	2	3,3E-05	2,00	0,2500	Ns
Tratamientos	6,7E-05	2	3,3E-05	2,00	0,2500	Ns
Error	6,7E-05	4	1,7E-05			
Total	2,0E-04	8				
C.V.	15,31%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la Tabla 4-14, en el análisis de varianza del fosforo de la etapa 2 del laboratorio del lixiviado, se obtuvo que existe diferencia significativa (*) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 13,03%.

Tabla 4-14: Análisis de varianza del fosforo de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	2.6E-05	2	1.3E-05	0,57	0,6059	Ns
Tratamientos	3.1E-04	2	1.5E-04	6,76	0,0521	*
Error	9.1E-05	4	2.3E-05			
Total	4.3E-04	8				
C.V.	13,03%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

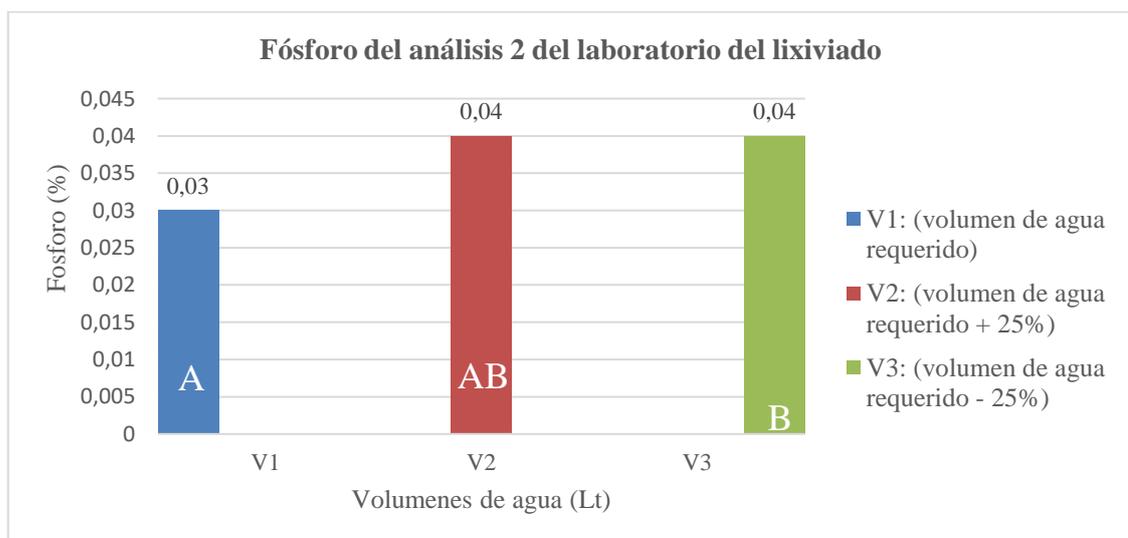


Ilustración 4-6: Prueba de Tukey al 5% para fosforo etapa 2 del laboratorio del lixiviado

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la ilustración 4-6, la prueba de Tukey al 5% para el fósforo de la etapa 2 del laboratorio del lixiviado se observa 2 grupos, el grupo A con una media de 0.03% se ubica el tratamiento V1 (volumen de agua requerida) y el grupo B con una media de 0.04% en encuentra el tratamiento V3 (volumen de agua requerido -25%).

Entonces, se puede decir que, para el estudio de Maraña et al., (2018 p. 4) se obtuvo el 15,88 mg L-1 de fosforo en el análisis de lixiviado de lombriz y estiércol bovino, mientras que, en el estudio de Arias y Reyes (2018 p. 44), el nivel se elevó de manera significativa al 8,13%.

4.2.2.6 Potasio de lixiviado

Según la Tabla 4-15, en el análisis de varianza de potasio de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que existe diferencia altamente significativa (**) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 14,67%.

Tabla 4-15: Análisis de varianza de potasio de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	6.2E-04	2	3.1E-04	0,08	0,9290	ns
Tratamientos	0,27	2	0,17	32,73	0,0033	**
Error	0,02	4	4.1E-03			
Total	0,29	8				
C.V.	14,67%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la Tabla 4-16, en el análisis de varianza de potasio de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que no existe diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 26,12%.

Tabla 4-16: Análisis de varianza del potasio de la etapa 2 del laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	0,16	2	0,08	5,73	0,0670	*
Tratamientos	0,01	2	0,01	0,46	0,6631	ns
Error	0,05	4	0,01			
Total	0,22	8				
C.V.	26,12%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

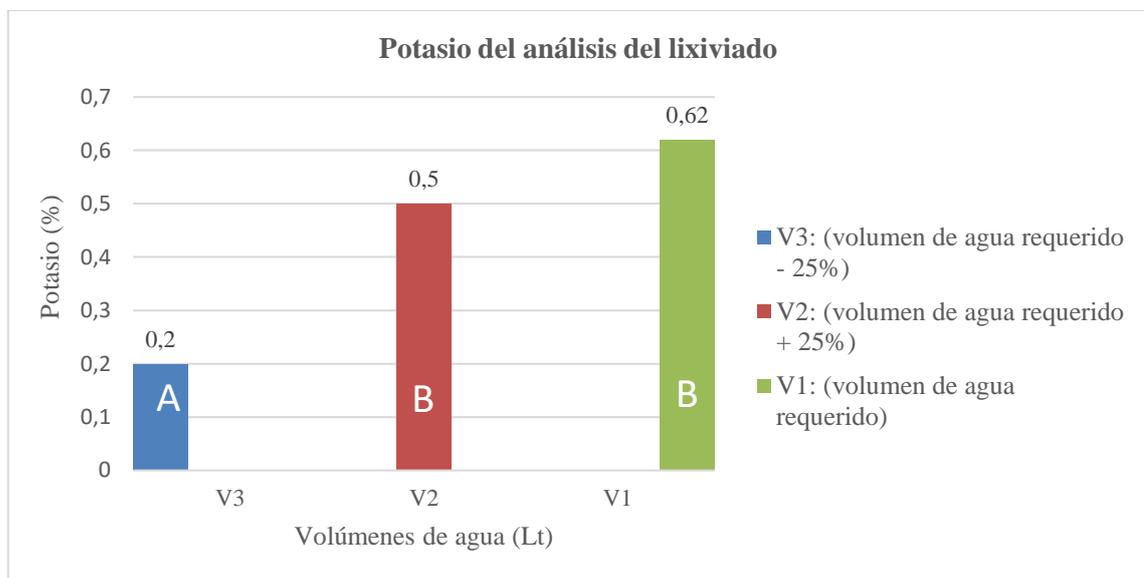


Ilustración 4-7: Prueba de Tukey al 5% para potasio etapa 1 de laboratorio del lixiviado

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la ilustración 4-7, la prueba de Tukey al 5% para potasio de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado se observa 2 grupos, en el grupo A con una media de 0.2% se ubica el tratamiento V3 (volumen de agua requerida -25%) y el grupo B con una media de 0.5% se encuentra el tratamiento V2 (volumen de agua requerida+25%) y el tratamiento V1 (volumen de agua requerida) con una media de 0.62%.

Los resultados obtenidos indican que el mayor nivel lo obtiene el tratamiento V1 (volumen de agua requerido) con 0,62%. Del estudio de Chávez y Fuentes (2013 p. 73) se obtuvo un resultado de 4,850.000 mg/Kg en la semana 9 del estudio de lixiviado en estiércol bovino. En cambio, de la investigación de Chinga et al. (2020 p. 4), los resultados indicaron un porcentaje del 0, 42% del lixiviado de vermicompost de estiércol de bovino.

4.2.2.7 Calcio del lixiviado

Según la Tabla 4-17, en el análisis de varianza de calcio de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que no existe diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 16,73%.

Tabla 4-17: Análisis de varianza de calcio de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	0,02	2	0,01	1,17	0,3978	ns
Tratamientos	3,5E-03	2	1,7E-03	0,20	0,8247	ns
Error	0,03	4	0,01			
Total	0,06	8				
C.V.	16,73%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la Tabla 4-18, en el análisis de varianza de calcio de la etapa 2 del laboratorio del lixiviado, se obtuvo que no existe diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 17,07%.

Tabla 4-18: Análisis de varianza del calcio de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	4.2E-03	2	2.1E-03	0,21	0,8158	ns
Tratamientos	0,02	2	0,01	1,14	0,4050	ns
Error	0,04	4	0,01			
Total	0,07	8				
C.V.	17,07%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

4.2.2.8 Magnesio del lixiviado

Según la Tabla 4-19, en el análisis de varianza de magnesio de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que no existe diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 0,60%.

Tabla 4-19: Análisis de varianza del magnesio de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	2,2E-05	2	1,1E-05	1,00	0,4444	ns
Tratamientos	8,9E-05	2	4,4E-05	4,00	0,1111	ns
Error	4,4E-05	4	1,1E-05			
Total	1,6E-04	8				
C.V.	0,60%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la Tabla 4-20, en el análisis de varianza de magnesio de la etapa 2 del laboratorio del lixiviado, se obtuvo que no existe diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 1,73%.

Tabla 4-20: Análisis de varianza del magnesio de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	4.2E-04	2	2.1E-04	2,71	0,1800	ns
Tratamientos	5.6E-04	2	2.8E-04	3,57	0,1289	ns
Error	3.1E-04	4	7.8E-05			
Total	1.3E-03	8				
C.V.	1,73%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

4.2.2.9 Hierro del lixiviado

Según la Tabla 4-21, en el análisis de varianza de hierro de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que existe diferencia altamente significativa (**) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 7,48%.

Tabla 4-21: Análisis de varianza de hierro de la etapa 1 de laboratorio de lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	3,5E-06	2	1,1E-06	36,30	0,0027	**
Tratamientos	2,0E-06	2	9,9E-07	20,67	0,0078	**
Error	1,9E-07	4	4,8E-08			
Total	5,6E-06	8				
C.V.	7,48%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la Tabla 4-22, en el análisis de varianza del hierro de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que existe diferencia altamente significativa (**) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 6,30%.

Tabla 4-22: Análisis de varianza del hierro de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	1.7E-06	2	8.5E-07	19,08	0,0090	**
Tratamientos	2.5E-06	2	1.3E-06	28,68	0,0043	**
Error	1.8E-07	4	4.4E-08			
Total	4.4E-06	8				
C.V.	6,30%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

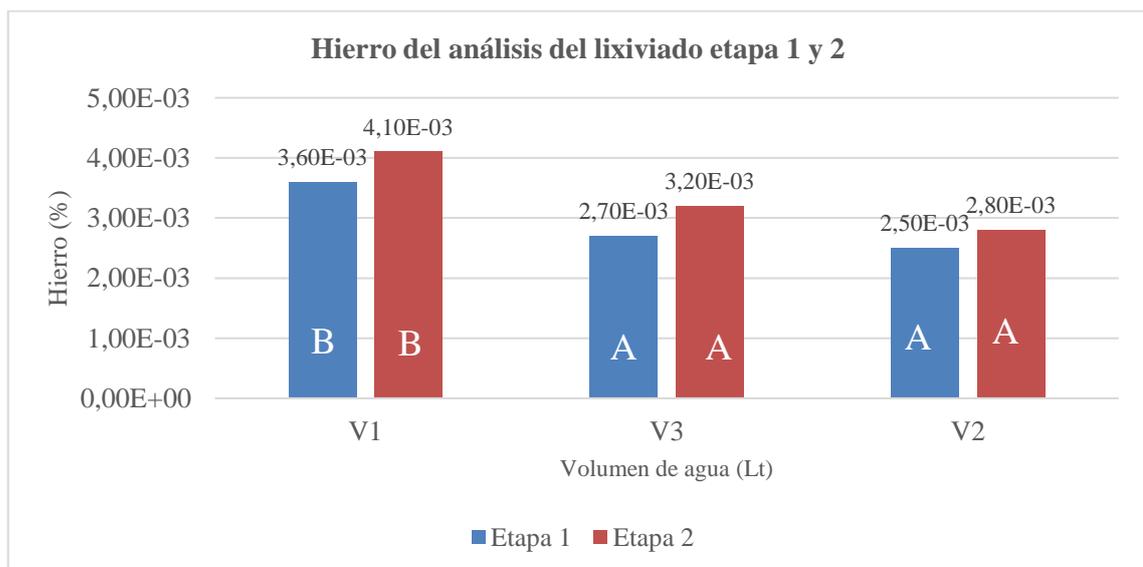


Ilustración 4-8: Prueba de Tukey al 5% para hierro del análisis de la lixiviada etapa 1 y 2

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según lo presentado en la ilustración 4-8, en la prueba de Tukey al 5% elaborada para el análisis de varianza del hierro, se exponen dos grupos, en el grupo “A” de la etapa 1 se tiene una media de 2,50E-03% que está ubicado en el tratamiento V2 (volumen de agua requerido +25%) y una media de 2,70E-03% en el tratamiento V3 (volumen de agua requerido -25%); para el grupo “B” se obtuvo una media de 3,60E-03% que se encuentra en el tratamiento V1 (volumen de agua requerido). En la etapa 2 se observa dos grupos, en el grupo “A” una media de 2,80E-03 ubicada en el tratamiento V2 (volumen de agua requerido +25%) y una media de 3,20E-03% en el tratamiento V3 (volumen de agua requerido -25%), y finalmente en el grupo “B” con una media de 4,10E-03% se encuentra en el tratamiento V1 (volumen de agua requerida).

En el lixiviado de vermicompost de estiércol bovino de la investigación de Venegas y Pincay (2024 p. 3498) se obtuvo un porcentaje del 13%. Esto, en comparación al estudio de Patiño (2017 p. 36), quien obtuvo valores de 140,2 ppm de lixiviados procedentes de la lombricultura en base a estiércol bovino.

4.2.2.10 Zinc del lixiviado

Según la Tabla 4-23, en el análisis de varianza de zinc de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que no existe diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 25,39%.

Tabla 4-23: Análisis de varianza de Zinc de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	6,0E-08	2	3,0E-08	1,64	0,3025	ns
Tratamientos	8,7E-08	2	4,3E-08	2,36	0,2101	ns
Error	7,3E-08	4	1,8E-08			
Total	2,2E-07	8				
C.V.	25,39%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la Tabla 4-24, en el análisis de varianza del zinc de la etapa 2 del laboratorio del lixiviado, se obtuvo que no existe diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 44,03%.

Tabla 4-24: Análisis de varianza del zinc de la etapa 2 del laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	8.4E-09	2	4.2E-09	0,13	0,8835	ns
Tratamientos	2.5E-08	2	1.3E-08	0,38	0,7033	ns
Error	1.3E-07	4	3.3E-08			
Total	1.7E-07	8				
C.V.	44,03%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

4.2.2.11 Manganeso del lixiviado

Según la Tabla 4-25, en el análisis de varianza de manganeso de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que no existe diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 14,00%.

Tabla 4-25: Análisis de varianza de manganeso de la etapa 1 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	1,5E-08	2	7,6E-09	3,09	0,1547	ns
Tratamientos	4,4E-09	2	2,2E-09	0,89	0,4781	ns
Error	9,9E-09	4	2,5E-09			
Total	3,0E-08	8				
C.V.	14,00%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

Según la Tabla 4-26, en el análisis de varianza del manganeso de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado, se obtuvo que no existe diferencia significativa (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V) de 25,81%.

Tabla 4-26: Análisis de varianza del manganeso de la etapa 2 de laboratorio del lixiviado

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Sig.
Repetición	1.4E-09	2	7.1E-10	0,11	0,8989	ns
Tratamientos	1.8E-08	2	9.1E-09	1,40	0,3465	ns
Error	2.6E-08	4	6.5E-09			

Total	4.6E-08	8				
C.V.	25,81%					

Nota: p-valor > 0,01 y > 0,05 = ns (No significativo); p-valor > 0,01 y < 0,05 = * (Significativo); p-valor < 0,01 y < 0,05 = ** (Altamente significativo)

Fuente: Infostat, 2023.

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

4.3 Lombricompost a base de estiércol de bovino y el costo de producción de lixiviados determinado en el beneficio del agricultor

Tabla 4-27: Tabla re la relación beneficio/costo de la producción de lixiviados a base de estiércol bovino.

Trat.	Costo de inversión 45 m2	Producción de lixiviado 45m2 (Lt)	Producción de lixiviados 1000 m2 (Lt)	RB/C
V1	\$ 910.41	58	1289	\$ 1.15
V2	\$ 910.41	60	1333	\$ 1.19
V3	\$ 910.41	45	1000	\$ 0.89

Realizado por: Muñoz, J., 2023.

El costo de inversión de los tratamientos V1, V2 y V3 asciende a \$910.41 en 45m2, con una diferencia de producción de lixiviado en 45m2 y en 1000m2, cuyo costo es de \$18 por litro.

Al efectuar una relación beneficio/costo, el tratamiento más rentable es el V2, con \$1,19. Por cada unidad monetaria de \$1,19. invertida se obtiene un retorno de 0,19 USD.

CONCLUSIONES

- El volumen determinado para la producción de lixiviados fue de 387.2 Lt, para lo cual se determinó un tiempo de aplicación de 3.99 h los mismo que fueron fraccionados para los 7 días con una aplicación de 34 minutos diarios de 17 minutos en la mañana y 17 minutos en la tarde.
- En los análisis realizados al sustrato no se obtuvo diferencia significativa en temperatura ni pH, aunque sí en la humedad del sustrato.
En lo referente a los análisis del lixiviados en la etapa 1 y 2 se observaron efectos significativos pH, MO, CE, Nitrógeno, Fosforo, Potasio y Hierro al obtener un p-valor > 0,01.
- De acuerdo a la relación beneficio/costo, el tratamiento V2 es el más rentable con una producción de lixiviado en 1000m² (lt), con un costo de producción de \$20.231 e ingreso total de \$24.000 dando un total de \$1,19.
Se establece así que el proyecto es rentable económicamente y viable en producción del lixiviado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar replicas en las diferentes comunidades con estiércol bovino y otras fuentes orgánicas con el fin de mejorar la calidad nutricional del lixiviado y la optimización del agua para la producción del lixiviado.
- Si se quiere obtener productos con mayor concentración de nutrientes se recomienda la utilizar el volumen de agua V3 (volumen de agua requerido -25% H₂O), pero si se quiere obtener mayor volumen de lixiviado se recomienda utilizar el volumen de agua V2 (volumen de agua requerido +25% H₂O).
- Se recomienda fraccionar el tiempo de riego en varios días a fin de no provocar excesiva saturación en el lombricompost la cual puede afectar a la salud de las lombrices.
- Para cotizar la sostenibilidad en la ejecución del proyecto de implementación de lombricompost para la producción de lixiviados, se recomienda realizar un análisis continuo de los costos.

BIBLIOGRAFIA

1. **AGROACTIVOCOL.** 2020. Agroactivocol. [En línea] 2020. <https://agroactivocol.com/wp-content/uploads/2020/07/FT-ACIDO-FULVICO.pdf>.
2. **AHN, H., RICHARD, T. y GLANVILLE, T.** *Optimum moisture levels for biodegradation of mortality composting envelope materials*. 2008. s.l. : Waste Management, 2008, Vol. 28.
3. **ALCÍVAR, L., et al.** *Aplicación de lixiviados de vermicompost de vermicompost y respuesta agronómica de dos variedades de pimiento*. 2021. 1, s.l. : Rev Colombiana Cienc Anim. Recia, 2021, Vol. 13.
4. **ARELLANO, Lucrecia, CRUZ ROSALES, Magdalena y HUERTA, Carmen.** *EL ESTIÉRCOL: material de desecho, de provecho y algo más...* Mexico : Primera edición, 2014. pág. 22. 978-607-7579-42-7.
5. **AREVALO, Carlos.** *Determinación de las cantidades de carbono y nitrógeno presentes en lombricompost producido a partir de dos diferentes sustratos (material vegetal y estiércol de caballo)*. 2017. s.l. : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.
6. **ARREDONDO, Luis Chaparro. s.f.** Estrategia de Acompañamiento Técnico. [En línea] s.f. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737316/15_Lixiviado_de_lombriz.pdf .
7. **CABRERA RIVAS, Alonso.** 2020. Elaboración de lombricomposta con residuos orgánicos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). [En línea] Noviembre de 2020. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3461/CARAVL01.pdf?se>.
8. **CEH, Barbara, et al.** *The Quantity and Composition of Leachate from Hop Plant Biomass during Composting Process*. 2022. 5, 2022, Appl. Sci., Vol. 12.

9. **CÉSPEDES L., Cecilia. 2019.** Elaboración y uso del lombricompost o vermicompost. [En línea] 2019. https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/148342/PYT-2017-0733_Fichas%20%20Agroecologia%20INIA_A20_Parte3.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
10. **CHINSAMY, Mayashree, KULKARNI, Manoj y STADEN, Johannes.** *Vermicompost Leachate Reduces Temperature and Water Stress Effects in Tomato Seedling.* 2014. 9, 2014, American Society for Horticultural Science, Vol. 49.
11. **CHURILOVA, Elena y MIDMORE, David.** *Vermiliquer (Vermicompost Leachate) as a Complete Liquid Fertilizer for Hydroponically-Grown Pak Choi (Brassica chinensis L.) in the Tropics.* 2014. 1, s.l. : Horticulturae, 2014, Vol. 5.
12. **ELEVATÉ. 2021.** elevatobotanica. [En línea] 20 de Diciembre de 2021. <https://elevatobotanica.com/blogs/blog/acidos-humicos-y-fulvicos>.
13. **LOERA, A., y otros.** *Effects of Vermicompost Leachate versus Inorganic Fertilizer on Morphology and Microbial Traits in the Early Development Growth Stage in Mint (Mentha spicata L.) And Rosemary (Rosmarinus officinalis L.) Plants under Closed Hydroponic System.* 2021. 100, 2021, Horticulturae , Vol. 7.
14. **LUNA, Carlos, et al.** *Desempeño productivo y análisis económico de una engorda intensiva de corderos tratados con zeranol y andrógenos inyectables bajo condiciones tropical.* 2023. 2, s.l. : Rev. investig. vet. Perú, 2023, Vol. 34.
15. **GAD MUNICIPAL COLTA. 2018.** GAD MUNICIPAL COLTA. [En línea] 18 de Febrero de 2018. [Citado el: 25 de 09 de 2023.] <https://gadcolta.gob.ec/gadcolta/index.php/colta/ubicacion>.
16. **GALLEGO OVIEDO, Yezid. 2022.** *Compostaje y lombricultivo.* [ed.] Juan Guillermo RIVERA BERRÍO. Córdoba (España) : s.n., 2022. 978-84-18834-38-7.
17. **GEOQUÍMICA IBCER.** Engormix. [En línea] 12 de Abril de 2018. https://www.engormix.com/agricultura/cuidado-suelo/acido-fulvico_f43975/.

18. **GÓMEZ, Sergio, et al. 2013.** *Uso de lixiviados de humus de lombriz para la producción de forraje verde.* s.l. : Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2013.
19. **GUERRA, Diana. 2020.** *Diseño e implementación de un proyecto de lombricultura para la obtención de humus a partir del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el Asilo San José – Tunja (Boyacá).* s.l. : Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2020.
20. **HENRIQUEZ, Carlos y MORA, Luis.** Produccion de lombriz. *Una forma entretenida de manejar los residuos orgánicos para no contaminar nuestro ambiente.* [Online] Diciembre 08, 2003. [Cited: 09 20, 2023.] <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0712.pdf>. 6.
21. **HERRERA, Rúben.** *Evaluación de humedad en diferentes sustratos orgánicos mediante sensores analogicos, para la producción de dos variedades de la cebolla (allium cepa l.) con riego por aspersión, en centro experimental de Cota-Cota.* s.l. : Universidad Mayor De San Andrés, 2022.
22. **INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGRÍCOLAS.** *MANUALES PRÁCTICOS PARA LA ELABORACIÓN DE BIOINSUMOS.* 2015.
23. **FARFÁN, Esneider Benito, y otros.** *LOMBRICOMPOST, USO Y SABERES PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS EN LA GRANJA AGROECOLÓGICA DE LA CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS.* 2022. 1, Colombia : s.n., 2022, Vol. 17. 1900-6608 e 25394088.
24. **LI, M., y otros.** *Influence of moisture content on chicken manure stabilization during microbial agent-enhanced composting.* 2020. 128549, 2020, Chemosphere , Vol. 264.
25. **LUANGWILAI, T., SIDHU, H.S. y NELSON, M.I.** *TOne-dimensional spatial model for self-heating in compost piles: Investigating effects of moisture and air flow.* 2018. 2018, Food Bioprod. Process., Vol. 108, págs. 18–26.

26. **KOSEM, Hatice, et al.** *Liquid Leachate Produced from Vermicompost Effects on Some Agronomic Attributes and Secondary Metabolites of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) Exposed to Severe Water Stress Conditions*. 2022. 12, s.l. : Horticulturae, 2022, Vol. 8.
27. **KUMAR, Dinesh, et al.** *Modeling of soil moisture movement and wetting behavior under point-source trickle irrigation*. **2023**. 14981, s.l. : Sci Rep., 2023, Vol. 13.
28. **LUNA GELLER, Luz Alba y BOLAÑOS BENAVIDES, Martha M.** *PRODUCCIÓN DE ABONOS ORGANICOS DE BUENA CALIDAD*. Colombia : s.n., 2007. 987-958-8311-53-1.
29. **MARAÑA, José, et al.** *Rendimiento de chile jalapeño con lixiviado de lombriz con dos métodos de riego*. **2018**. 4, s.l. : Terra Latinoamericana, 2018, Vol. 36.
30. **MARTÍNEZ SCOTT, Marcia Maribel.** *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*. [En línea] Junio de 2018. https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol5num15/Revista_de_Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias_V5_N15.pdf#page=29.
31. **MARTINEZ, Daniel.** **2018**. *Manual de Vermicompostaje*. Montevideo : s.n., 2018.
32. **MENDOZA HERNÁNDEZ, Daicy de Jesús.** **2010**. *Vermicompost y compost de residuos hortícolas como componentes de sustratos para la producción de planta ornamental y aromática. caracterización de los materiales y respuesta vegetal*. [Online] Septiembre 2010. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8685/tesisUPV3395.pdf?sequen>.
33. **NÚÑEZ, Gabriela y OSBORNE, Keith.** *The Effect that the Amount of Leachate Obtained in Pour Thru Tests and Irrigation Has on pH and EC Readings*©. 2015. 1085, s.l. : Acta Hortic, 2015.
34. **OAZANA, S., y otros** *A flexible control system designed for lab-scale simulations and optimization of composting processes*. 2018, Waste Manag, Vol. 72.
35. **PATIÑO PAUTA, María Cristina.** **2017**. *OBTENCIÓN DE LIXIVIADOS PROCEDENTES DE LA LOMBRICULTURA EN BASE A ESTIÉRCOL BOVINO MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE CAMAS RECOLECTORAS*. [En línea] Febrero

de 2017.
file:///C:/Users/DELL%202023/Downloads/[1library.co]%20obtenci%C3%B3n%20de%20lixiviados%20procedentes%20de%20la%20lombricultura%20en%20base%20a%20esti%C3%A9rcol%20bovino%20mediante%20la%20insta.pdf.

36. **PLAN DE MANEJO DE LOMBRICES. 2018.** Soluciones Fundases. [En línea] 21 de Julio de 2018. <https://www.fundases.net/forum/bio-abonos/plan-de-manejo-de-lombrices>.
37. **REYES, Ricardo José y GUILLÉN, Fidel Guzmán.** UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA. *GUIA DE LOMBRICULTURA*. [En línea] 2004. [Citado el: 25 de 09 de 2023.] <https://repositorio.una.edu.ni/2409/1/nf04s693.pdf>.
38. **ROMÁN , Pilar, M. MARTÍNEZ, María y PANTOJA, Alberto. 2013.** *MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR*. Santiago de Chile : s.n., 2013. 978-92-5-307844-8.
39. **RUIZ MORALES, Mariana.** *TALLER DE ELABORACIÓN DE LOMBRICOMPOSTA*. Lomas de Santa Fe : s.n., 2011. 978-607-417-141-9.
40. **SHAARANI, Shalyda, et al.** *Vermicomposting of landfill leachate using earthworms for biofertilizer production*. 2015. 2015, AIP Conf. Proc.
41. **SOMARRIBA REYES, Ricardo José y GUZMÁN GUILLÉN, Fidel.** *Guía de lombricultura* . 2004. 4.
42. **TARAZONA, Antonio. 2021.** Tarazona. [En línea] 30 de Noviembre de 2021. <https://www.antoniotarazona.com/blog/agricultura/acidos-humicos-y-fulvicos-agricultura-moderna-y-sostenible/>.
43. **VERGARA, S.E. y SILVER, W.L.** *Greenhouse gas emissions from windrow composting of organic wastes: Patterns and emissions factors*. 2019. 124027, 2019, Environ. Res. Lett., Vol. 14.
44. **VILLARRICA LONCOCHE, Camino.** AGROFLOR MANUAL LOMBRICULTURA. [En línea] 2020. file:///C:/Users/DELL%202023/Downloads/Manual%20de%20Lombricultura.pdf.

45. **YAO, H., et al.***Adapting the pour-through medium extraction method to phalaenopsis grown in sphagnum moss.* **2008.** s.l. : HortScience, 2008, Vol. 43.
46. **ZHANG, Hongwei, et al.***Quality of Vermicompost and Microbial Community Diversity Affected by the Contrasting Temperature during Vermicomposting of Dewatered Sludge.* 2020. 5, s.l. : Int J Environ Res Public Health, 2020, Vol. 17.



ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL LIXIVIADO DE ESTIÉRCOL BOVINO ETAPA 1



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Srta. Janeth Katherine Muñoz Ortiz

Fecha de ingreso: 04/01/2024
Fecha de salida: 06/02/2024

TEMA TIC: "EVALUACIÓN DE DFERENTES VOLÚMENES DE AGUA CON RIEGO TECNIFICADO PARA LA OBTENCIÓN DE LIXIVIADOS DE LOMBRICOMPOST A BASE DE ESTIÉRCOL DE BOVINO EN LA PRADERA"
CARRERA: INGENIERÍA AGRONÓMICA

Ubicación:

Comunidad La Pradera
Nombre de la granja

Sicalpa
Parroquia

Colta
Cantón

Chimborazo
Provincia

SEMESTRE: NOVENO

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LIXIVIADOS DE ESTIÉRCOL DE BOVINO

Ident.	pH	Cond. Eléct.	(mS/cm)			%			%		
			N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	
T1R1	9.18 Alc.	8.28 Salino	0.01	0.02	0.59	0.58	0.55	0.0043	0.0009	0.00051	
T1R2	9.23 Alc.	5.48 Salino	0.01	0.03	0.56	0.70	0.56	0.0033	0.0005	0.00036	
T1R3	8.69 Alc.	4.19 Salino	0.01	0.02	0.20	0.57	0.56	0.0038	0.0005	0.00037	
T2R1	9.01 Alc.	8.16 Salino	0.08	0.03	0.69	0.55	0.55	0.0031	0.0004	0.00032	
T2R2	9.12 Alc.	5.48 Salino	0.08	0.03	0.43	0.59	0.56	0.0020	0.0005	0.00031	
T2R3	8.54 Alc.	4.23 Salino	0.08	0.02	0.19	0.48	0.56	0.0024	0.0004	0.00033	
T3R1	8.90 Alc.	8.23 Salino	0.01	0.03	2.73	0.59	0.56	0.0033	0.0007	0.00033	
T3R2	8.96 Alc.	5.61 Salino	0.01	0.03	0.50	0.39	0.56	0.0021	0.0005	0.00034	
T3R3	8.48 Alc.	4.30 Salino	0.01	0.03	0.22	0.53	0.56	0.0020	0.0004	0.00033	

Ing. Víctor Lindao Ph.D.
JEFE DE LAB. SUELOS



Ing. Elizabeth Pachacama Ch.
TECNICO DOCENTE

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 16, Facultad de Recursos Naturales, Teléfono 2998220 Extensión 418
"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"

ANEXO B: RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL LIXIVIADO DE ESTIÉRCOL BOVINO ETAPA 2



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Srta. Janeth Katherine Muñoz Ortiz

Fecha de ingreso: 12/02/2024
Fecha de salida: 27/02/2024

TEMA TIC: "EVALUACIÓN DE DFERENTES VOLÚMENES DE AGUA CON RIEGO TECNIFICADO PARA LA OBTENCIÓN DE LIXIVIADOS DE LOMBRICOMPOST A BASE DE ESTIÉRCOL DE BOVINO EN LA PRADERA"
CARRERA: INGENIERÍA AGRONÓMICA

Ubicación:

Comunidad La Pradera
Nombre de la granja

Sicalpa
Parroquia

Colta
Cantón

Chimborazo
Provincia

SEMESTRE: NOVENO

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LIXIVIADOS DE ESTIÉRCOL DE BOVINO

Ident.	pH	Cond. Eléct.	(mS/cm)			%			%		
			N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	
T1R1	8.13 Alc.	6.13 Salino	0.019	0.025	0.62	0.60	0.50	0.0045	0.0011	0.00049	
T1R2	8.45 Alc.	3.14 Salino	0.020	0.035	0.59	0.73	0.53	0.0036	0.00045	0.00031	
T1R3	8.02 Alc.	2.79 Salino	0.018	0.028	0.28	0.61	0.52	0.0041	0.00048	0.00032	
T2R1	8.33 Alc.	6.75 Salino	0.011	0.041	0.63	0.58	0.50	0.0035	0.00038	0.00030	
T2R2	8.74 Alc.	4.87 Salino	0.014	0.039	0.46	0.63	0.51	0.0022	0.00049	0.00029	
T2R3	8.01 Alc.	3.68 Salino	0.013	0.031	0.20	0.49	0.49	0.0027	0.00037	0.00030	
T3R1	8.09 Alc.	7.54 Salino	0.015	0.042	1.29	0.62	0.51	0.0038	0.00065	0.00020	
T3R2	8.20 Alc.	3.09 Salino	0.014	0.043	0.58	0.41	0.52	0.0029	0.00042	0.00031	
T3R3	8.18 Alc.	2.98 Salino	0.013	0.046	0.30	0.55	0.52	0.0028	0.00036	0.00029	

Ing. Víctor Lindao Ph.D.
JEFE DE LAB. SUELOS



Ing. Elizabeth Pachacama Ch.
TECNICO DOCENTE

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 16, Facultad de Recursos Naturales, Teléfono 2998220 Extensión 418
"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"

ANEXO C: RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DEL ESTIÉRCOL BOVINO SOLIDO



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DEPARTAMENTO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Srta. Janeth Katherine Muñoz Ortiz

Fecha de Ingreso: 12/01/2024
Fecha de salida: 16/02/2024

TEMA TIC: "EVALUACIÓN DE DIFERENTES VOLÚMENES DE AGUA CON RIEGO TECNIFICADO PARA LA OBTENCIÓN DE LIXIVIADOS DE LOMBRICOMPOST A BASE DE ESTIÉRCOL DE BOVINO EN LA PRADERA"

CARRERA: INGENIERÍA AGRONÓMICA

SEMESTRE: NOVENO

Ubicación: Comunidad La Pradera
Nombre de la granja

Sicalpa
Parroquia

Colta
Cantón

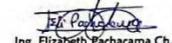
Chimborazo
Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS QUÍMICO DE ESTIÉRCOL DE BOVINO

Identificación	%							
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn
Estiércol orgánico de bovino	1.78	1.08	0.57	0.95	0.72	0.21	0.41	0.25


Ing. Víctor Lindao Ph.D.
JEFE DE LAB. SUELOS




Ing. Elizabeth Pachacama Ch.
TECNICO DOCENTE

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 14, Facultad de Recursos Naturales, Teléfono 2998220 Extensión 418
"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"

ANEXO D: COSTOS RELACIONADOS CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS CAMAS DE LOBRICOMPOST

Insumos y Materiales	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Implementación de lombricompost (m)				
Materiales				535,664
Plástico	80	metros	1	80
Bloques de 10	465	unidad	0,33	153,45
Clavos 3 plg	3	libras	0,4	1,2
Clavos 2 1/2 plg	4	libras	0,3	1,2
Clavos 2 plg	4	libras	0,3	1,2
Cemento	18	quintales	8	144
Arena	1	volqueta	55	55
Disco de madera	1	unidad	4	4
Pingos	4	paquetes	1	4
Postes de madera	35	unidad	0,75	26,25
Micro aspersores 2P 1/2	9	unidad	1,56	14,004
Tubo PVC 25 MM/ x 1.60 MPA x 6M	4	unidad	3,26	13,04

Tubo PVC 20MM 2.00MPA X 6M	1	unidad	3,02	3,02
Pega tigre 1/32 galón	2	unidad	3,15	6,3
Tee PVC	9	unidad	0,41	3,69
Reductor buje PVC	9	unidad	0,13	1,17
Adaptador hembra PVC	9	unidad	0,17	1,53
Válvula compacta PVC 1/2	9	unidad	0,75	6,75
Adaptador macho PVC	18	unidad	0,31	5,58
Válvula compacta PVC 3/4	3	unidad	1,15	3,45
Adaptador macho PVC 25 X 3/4	5	unidad	0,39	1,95
Neplo reductor	1	unidad	0,26	0,26
Tee negro PP	1	unidad	0,91	0,91
Adaptador flex	2	unidad	0,30	0,59
Teflón amarillo	4	unidad	0,44	1,76
Tapón hembra pegable PVC	1	unidad	0,31	0,31
Codo PVC	3	unidad	0,35	1,05
MANO DE OBRA				132
Limpieza de lugar	2	jornal	12	24
Construcción de camas	2	jornal	12	24
Construcción de invernadero	3	jornal	12	36
Colocación del plástico	4	jornal	12	48
Equipos				85
Medidor de temperatura, humedad y Ph	1	unidad	85	85
Subtotal				752,664
Implementación de las lombrices en las camas				
Lombrices				72
lombriz roja de California (Eisenia foetida)	18	kilos	4	72
Materiales				30,75
Mallas negras	20	metros	1,2	24
Baldes	9	unidad	0,75	6,75
Insumos				55
Abono bovino	11	carreras	5	55
SUBTOTAL				157,75
TOTAL				910,414

Realizado por: Muñoz, J. 2023.

ANEXO B: ÁREA DONDE SE REALIZÓ LAS CAMAS DE LOMBRICOMPOST, LA LIMPIEZA Y DELIMITACIÓN



ANEXO C: CONSTRUCCIÓN DE LAS CAMAS DE LOMBRICOMPOST CON UNA CUBIERTA TIPO INVERNADERO



ANEXO D: RECOLECCIÓN DEL ABONO BOVINO (MO) Y COLOCACIÓN EN LAS CAMAS



ANEXO E: APLICACIÓN DE RIEGO CON MICROASPERSORES Y COLOCACIÓN DE LOMBRICES ROJAS CALIFORNIANAS (*EISENIA FOETIDA*)



**ANEXO F: TOMA DE DATOS DE LAS CAMAS DE LOMBRICOMPOST
(TEMPERATURA, HUMEDAD PH)**



ANEXO G: RECOLECCIÓN DEL LIXIVIADO DE LAS DIFERENTES CAMAS DE LOMBRICOMPOTS





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 12/06/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Janneth Katherine Muñoz Ortiz
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniera Agrónoma
 Ing. Cristian Santiago Tapia Ramírez Msc. Director del Trabajo de Titulación
 Ing. Daniel Arturo Román Robalino Msc. Asesor del Trabajo de Titulación