



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES VOLÚMENES CON RIEGO  
TECNIFICADO PARA LA OBTENCIÓN DE LIXIVIADOS DE  
LOMBRICOMPOST A BASE DE ESTIÉRCOL DE CUY EN SAN  
ISIDRO DE COLUMBE.**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**AUTORA:**

**CINTHIA PAULINA NARANJO MOYANO**

Riobamba – Ecuador

2024



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES VOLÚMENES CON RIEGO  
TECNIFICADO PARA LA OBTENCIÓN DE LIXIVIADOS DE  
LOMBRICOMPOST A BASE DE ESTIÉRCOL DE CUY EN SAN  
ISIDRO DE COLUMBE.**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**AUTORA:** CINTHIA PAULINA NARANJO MOYANO

**DIRECTOR(A):** Ing. CRISTIAN SANTIAGO TAPIA RAMÍREZ Msc.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Cinthia Paulina Naranjo Moyano

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, Cinthia Paulina Naranjo Moyano, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este 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, 27-05-2024



**Cinthia Paulina Naranjo Moyano**  
**060366808-8**


**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMIA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE DIFERENTES VOLÚMENES CON RIEGO TECNIFICADO PARA LA OBTENCIÓN DE LIXIVIADOS DE LOMBRICOMPOST A BASE DE ESTIÉRCOL DE CUY EN SAN ISIDRO DE COLUMBE**. Realizado por la señorita: **CINTHIA PAULINA NARANJO MOYANO**, 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 Córdova  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

 2024-05-27

Ing. Cristian Santiago Tapia Ramírez  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

 2024-05-27

Ing. Daniel Arturo Román Robalino  
**ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

 2024-05-27

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo con mucho amor a toda mi familia especialmente a mis hijos Darly y Dareck Minagua Naranjo y a mi esposo Victor Minagua, quienes incondicionalmente me han acompañado a lo largo de esta etapa, ellos han sido mi pilar fundamental, a pesar de sus ocupaciones y su cansancio siempre estuvieron para apoyarme en mi carrera profesional y nunca faltó un gran consejo y palabras de aliento cuando a veces creía que no avanzaba con mis estudios. De todo corazón me queda decir que los amo mucho y gracias por su apoyo incondicional.

Cinthia

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios, por bendecirme con salud, inteligencia y perseverancia para concluir una fase más en mi vida, por darme unos maravillosos hijos Darly y Dareck Minagua Naranjo, a mi esposo Victor Minagua a mis padres Vicente Naranjo y Piedad Moyano y a mi hermano Heric Naranjo Moyano y toda mi familia que ha confiado en mí y que siempre me han apoyado absolutamente en todo momento. También a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la Facultad de Recursos Naturales y la Carrera Agronomía, por permitirme sentir que estaba en una segunda casa; igualmente a todos mis docentes que compartieron sus conocimientos en todo momento. Al Ing. Daniel Román, el Ing. Cristian Tapia quienes me guiaron con su sabiduría, dedicación y paciencia para lograr culminar el presente trabajo. A mi amiga incondicional Daniela Sani y todos los que me falta por mencionar, me queda decir mil gracias por haberme apoyado en todo momento, los llevo en mi corazón.

Cinthia

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>ÍNDICE DE TABLAS</i> .....	<i>xi</i>
<i>ÍNDICE DE ANEXOS</i> .....	<i>xiii</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>xiv</i>
<i>ABSTRACT</i> .....	<i>xv</i>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>3</b>
<b>1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	3
1.2 Objetivos .....	3
<i>1.2.1 Objetivo general</i> .....	<i>3</i>
1.3 Justificación.....	3
1.4 Hipótesis.....	4
<i>1.4.1 Nula</i> .....	<i>4</i>
<i>1.4.2 Alterna</i> .....	<i>4</i>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Marco TeÓRICO</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1. Volúmenes de agua requeridos para la obtención de lixiviados en lombricompost.</b>	<b>5</b>
2.2. Riego tecnificado.....	5
2.3. Lixiviados.....	8
2.4. Lombricompost .....	9
2.5. Requerimientos climáticos para la elaboración del lombricompost.....	10
<i>2.5.1. Riego</i> .....	<i>10</i>
<i>2.5.2. Humedad</i> .....	<i>10</i>



2.5.3. <i>Temperatura</i> .....	10
2.5.4. <i>Aireación</i> .....	11
2.5.5. <i>Iluminación</i> .....	12
2.5.6. <i>pH</i> .....	12
<b>2.6. Tipos de fuente orgánicas para la obtención de lombricompost</b> .....	12
2.6.1. <i>De origen animal</i> .....	12
2.6.2. <i>De origen vegetal</i> .....	13
2.7. Lombriz y su ciclo.....	14
<b>2.8. Valor nutricional del estiércol de cuy</b> .....	16
2.9. Ácidos húmicos.....	16
2.10. Ácidos fúlvicos.....	17
2.11. Relación Carbono /Nitrógeno.....	18
2.12. Relación beneficio/costo. ....	19
<b>2.12.5. Costos de producción</b> .....	21
2.12.5.1. <i>Características de los costos de producción</i> .....	22
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>24</b>
<b>3. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1. Caracterización del lugar</b> .....	<b>24</b>
3.1.1. <i>Localización</i> .....	24
3.1.2. <i>Características geográficas</i> .....	24
3.1.3. <i>Características climatológicas</i> .....	25
3.1.4. <i>Característica del suelo</i> .....	25
3.1.5. <i>Característica ecológica</i> .....	25
3.2. Materiales y Equipos.....	25
3.3. Metodología de la investigación .....	26
3.3.1. <i>Diseño de camas</i> .....	26
3.3.2. <i>Diseño experimental</i> .....	27

3.3.3. <i>Análisis funcional</i> .....	27
3.3.4. <i>Determinación del volumen de agua requerido</i> .....	27
3.3.5. <i>Mediciones experimentales</i> .....	29
3.3.6. <i>Cantidad de producción del lixiviado</i> .....	29
3.3.7. <i>Temperatura (°C), humedad (%) y pH del lombricompost</i> .....	29
3.3.8. <i>pH, MO, CE, macro y microelementos de lixiviados.</i> .....	29
2.1.1 <i>Beneficio/costo</i> .....	29
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>31</b>
<b>4. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1. Volúmenes de agua requeridos para la obtención de lixiviados en el proceso de lombricompost</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1.1. Caudal</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1.2. Tiempo de riego para cada tratamiento</b> .....	<b>32</b>
<b>4.2. Calidad nutricional de los lixiviados obtenidos a partir del lombricompost a base de estiércol de cuy</b> .....	<b>34</b>
<b>4.2.1. Características químicas de los lixiviados obtenidos a partir del lombricompost en base de estiércol de cuy</b> .....	<b>34</b>
<b>4.2.1.1. Temperatura</b> .....	<b>35</b>
<b>4.2.1.2. Humedad del sustrato</b> .....	<b>35</b>
<b>4.2.1.3. pH del sustrato</b> .....	<b>37</b>
<b>4.2.1.4. Nitrógeno (N)</b> .....	<b>38</b>
<b>4.2.1.5. Potasio (k)</b> .....	<b>39</b>
<b>4.3. Beneficio costo de lixiviados obtenidos a partir del lombricompost a base de estiércol de cuy.</b>	<b>40</b>
<b>4.3.1. Costos de inversión</b> .....	<b>41</b>
<b>4.3.2. Ingresos y relación beneficio costo</b> .....	<b>42</b>
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>43</b>

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1.</b>	<b><i>Conclusiones</i>.....</b>	<b>43</b>
<b>5.2.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>43</b>
	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>44</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>32</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Experiencias .....	6
<b>Tabla 2-2:</b> Desechos orgánicos de origen animal. ....	13
<b>Tabla 2-3:</b> Desechos orgánicos de origen vegetal.....	14
<b>Tabla 2-4:</b> Clasificación taxonómica de la lombriz .....	14
<b>Tabla 2-5:</b> Porcentaje de composición química del estiércol de cuy en seco. ....	16
<b>Tabla 3-1:</b> Materiales y equipos.....	25
<b>Tabla 4-1:</b> Volumen y tiempo de riego. ....	33
<b>Tabla 4-2:</b> Análisis de varianza para promedios de la temperatura durante el ciclo.....	35
<b>Tabla 4-3:</b> Análisis de varianza para promedios de la humedad del sustrato durante el ciclo...	36
<b>Tabla 4-4:</b> Análisis de varianza para promedios de pH del sustrato durante el ciclo.....	37
<b>Tabla 4-5:</b> Análisis de varianza para promedios del nitrógeno del sustrato durante el ciclo. ....	38
<b>Tabla 4-6:</b> Análisis de varianza para promedios del potasio del sustrato durante el ciclo.....	39
<b>Tabla 4-7:</b> Costos de inversión.....	41
<b>Tabla 4-8:</b> Ingresos y relación beneficio costo .....	42

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 3 -1:</b> Localización de la zona de estudio. ....	24
<b>Ilustración 4-2:</b> Volumen de agua (litros) requerido para los tratamientos 1, 2 y 3. ....	32
<b>Ilustración 4 -3 :</b> Tiempo de riego requerido para los tratamientos 1, 2 y 3. ....	33
<b>Ilustración 4-4:</b> Prueba de Tukey al 5% para promedios de humedad del sustrato durante el ciclo. .....	36
<b>Ilustración 4-5:</b> Prueba de Tukey al 5% para promedios del nitrógeno durante el ciclo. ....	38

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** SELECCIÓN DE TERRENO

**ANEXO B:** ADECUACIÓN DEL TERRENO

**ANEXO C:** CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA

**ANEXO D:** CUBRIMIENTO DE LA ESTRUCTURA

**ANEXO E:** ADECUACIÓN DE LAS CAMAS PARA LOS TRATAMIENTOS

**ANEXO F:** INSTALACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO

**ANEXO G:** APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL DE CUY

**ANEXO H:** HOMOGENIZACIÓN DE ESTIÉRCOL DE CUY

**ANEXO I:** IMPLEMENTACIÓN DE SARÁN EN LAS CAMAS

**ANEXO J:** RIEGO TECNIFICADO

**ANEXO K:** IMPLEMENTACIÓN DE LOMBRICES

**ANEXO L:** MEDICIÓN DE PARÁMETROS

**ANEXO M:** RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS

**ANEXO N:** TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS DIARIOS

**ANEXO O:** TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS POR TRATAMIENTO OBTENIDOS EN EL  
EXPERIMENTO

**ANEXO P:** TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS POR TRATAMIENTO OBTENIDOS EN EL  
LABORATORIO – ETAPA UNO

**ANEXO Q:** TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS POR TRATAMIENTO OBTENIDOS EN EL  
LABORATORIO – ETAPA DOS

## RESUMEN

En el Ecuador existe reducida información en el que se haya incorporado métodos de riego tecnificado para evaluar diferentes volúmenes de agua a fin de obtener lixiviados de lombricompost a base de estiércol de cuy a nivel local. El objetivo general de esta investigación fué evaluar los diferentes volúmenes de agua con riego tecnificado para la obtención de lixiviados de lombricompost a base de estiércol de cuy en San Isidro de Columbe. Los objetivos específicos fueron 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 cuy y analizar el beneficio costo de lixiviados obtenidos a partir del lombricompost a base de estiércol de cuy. Para lo cual se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), donde se evaluó 3 volúmenes de agua con 3 repeticiones (V1, V2, V3) siendo V1 volumen requerido (volumen 230,4 L- tiempo de riego de 3,29h), V2 volumen requerido más 25% (volumen 288,4 L – tiempo de riego 4,11h) y V3 volumen requerido –25% (volumen 172,8 L – tiempo de riego de 2,46h), el riego se fracciono para los siete días de la semana, y se rego en la mañana y la tarde. Se realizó mediciones experimentales de Temperatura, Humedad, pH al lombricompost. En el laboratorio de suelo de la Facultad de Recursos Naturales se hicieron análisis de materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, macro y microelementos del lixiviado. Finalmente, se analizó el beneficio costo de los tratamientos. Se determinó que el volumen de agua para la obtención de lixiviados en el proceso de lombricompost, fué de 230,4 litros para lo cual se aplicó un tiempo de 3,29 h los mismos que fueron fraccionados en siete días con una aplicación de 28 minutos diarios de 14 minutos en la mañana y 14 minutos en la tarde. Él tratamiento más representativo donde se puede presenciar mejor calidad del lixiviado corresponde al Volumen 1, donde se pudo identificar que tanto el N y K son superiores, el pH es neutro por lo cual asegura el desarrollo de la gran mayoría de microorganismos. Se obtuvo una relación Beneficio/Costo de 1,16 por lo que se concluye que los lixiviados de lombricompost a base de estiércol de cuy siendo económicamente rentable.

Palabras clave: <LIXIVIADOS>, <LOMBRICOMPOST>, <ESTIERCOL DE CUY>, <RIEGO <TECNIFICADO>, <BENEFICIO COSTO>

0613-DBRA-UPT-2024

04-06-2024



## ABSTRACT

In Ecuador there is little information on the incorporation of technician irrigation methods to evaluate different volumes of water to obtain vermicompost leachates from guinea pig manure at the local level. The general aim of this research was to evaluate the different volumes of water with technified irrigation to obtain guinea pig manure-based vermicompost leachates in San Isidro de Columbe. The specific objectives were to determine the volumes of water required to obtain leachates in the vermicompost process. To evaluate the nutritional quality of the leachates obtained from vermicompost based on guinea pig manure and to analyze the cost benefit of leachates obtained from vermicompost based on guinea pig manure. For this purpose, a completely randomized block experimental design (DBCA) was used, where 3 volumes of water were evaluated with 3 replications (V1, V2, V3) with V1 being the required volume (volume 230.4 L - irrigation time of 3.29h), V2 volume required plus 25% (volume 288.4 L - irrigation time 4.11h) and V3 volume required -25% (volume 172.8 L - irrigation time 2.46h), irrigation was fractioned for the seven days of the week, and irrigated in the morning and afternoon. Experimental measurements of temperature, humidity and pH were carried out on the vermicompost. In the soil laboratory of the Facultad de Recursos Naturales, organic matter, pH, electrical conductivity, macro and microelements of the leachate were analyzed. Finally, the cost-benefit of the treatments was analyzed. It was determined that the volume of water to obtain leachate in the vermicompost process was 230.4 liters, for which a time of 3.29 hours was applied, which were divided into seven days with a daily application of 28 minutes, 14 minutes in the morning and 14 minutes in the afternoon. The most representative treatment where the best quality of the leachate can be seen corresponds to Volume 1, where it was possible to identify that both N and K are superior, the pH is neutral, which assures the development of the great majority of microorganisms. A Benefit/Cost ratio of 1.16 was obtained, so it is concluded that the leachates of vermicompost based on guinea pig manure are economically profitable.

**Key words:** <LIXIVIATES>, <LOMBRICOMPOST>, <GUINEA PIG MANURE>, <IRRIGATION<TECNIFIED>, < COST/ BENEFIT >.

0613-DBRA-UPT-2024

04-06-2024



Lcda. Elsa A. Basantes A. Mgs.

C.C: 0603594409



## INTRODUCCIÓN

La agricultura con abonos orgánicos brinda a los suelos la capacidad de absorber los distintos elementos nutritivos, así como reducir el uso de insumos químicos y proteger la salud del ser humano y la biodiversidad del suelo. Los abonos orgánicos no solo aumentan las condiciones nutritivas del suelo, sino que también mejoran su condición física (estructura), incrementan la absorción del agua y mantienen la humedad del suelo. Su acción es prolongada, duradera y pueden ser utilizados con frecuencia sin dejar secuelas en el suelo y genera ahorro económico (Mosquera, 2010).

Los fertilizantes inorgánicos utilizados en la agricultura cambian las propiedades químicas y biológicas del suelo. El uso intensivo de fertilizantes químicos ha resultado en un bajo contenido de materia orgánica, mala calidad y una mayor demanda de agua para el riego de cultivos (Sinha *et al.*, 2009), el uso excesivo de los fertilizantes nitrogenados propicia una lixiviación de nitratos que contaminan los acuíferos (Medina y Cano, 2001; Figueroa *et al.*, 2002), además este tipo de fertilizantes contribuyen en gran porcentaje a las emisiones de los gases de efecto invernadero (FAO, 2004; Gonzáles y Camacho, 2017).

Varios estudios se han mencionado al uso de lombricompost, la cual es obtenida de residuos orgánicos digeridos por lombrices que convierten en fertilizantes orgánicos para ser usados en la producción de alimento libre de productos químicos (Sinha *et al.*, 2010). La lombricomposta mejora las características físicas del suelo, reduce la dependencia de insumos externos de alto costo económico y ambiental ya que disminuye o elimina el empleo de agroquímicos protegiendo el ambiente, la salud animal y humana (Acevedo y Pire, 2004; Rippey *et al.*, 2004).

Los abonos orgánicos constituyen una alternativa viable ambientalmente segura que permite obtener producciones sustentables en los cultivos. El enfoque de la nutrición de las plantas en la agricultura orgánica es diferente al de las prácticas en la convencional (Rodríguez *et al.*, 2020). La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica se le da gran importancia a este tipo de abonos y, cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos (Céspedes, 2010).

Según Litterick *et al.* (2004) los lixiviados se pueden utilizar para el combate de plagas y enfermedades, puesto que tienen una gran abundancia y diversidad de microorganismos benéficos. Así mismo, contienen sustancias antimicrobianas que inhiben el crecimiento de hongos patógenos (Gutiérrez *et al.* 2008).

Diversas son las evidencias de los efectos benéficos de los abonos líquidos, tanto en el crecimiento, rendimiento, nutrición de los cultivos y en el mejoramiento de propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, se usan por sus efectos en mejoras en la nutrición de los cultivos en condiciones de pH alcalino o en suelos salinos (Medeiros et al., 2011), en algunos casos han mostrados diversos efectos en el control de enfermedades en las plantas (Litterick y Wood, 2009), los lixiviados y biofermentos elaborados a base a estiércol de cuy, aplicados al suelo o por aspersiones foliares, han mostrado efectos en el crecimiento y producción de cultivos (Pant et al., 2009; Vetayasuporn, 2009; Medeiros et al., 2011).

Las provincias de Azuay, Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi son los principales productores de cuyes en el Ecuador, de acuerdo con una proyección realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y Censo Agropecuario, se determinó que en el 2016 se produjeron al menos 4,9 millones de cuyes en las cuatro provincias (Robalino, 2018), la crianza de cuyes en la Provincia de Chimborazo, Cantón Colta, Parroquia Columbe, comunidad de San Isidro de Columbe, produce en altas cantidades de excremento producidos por estos pequeños animales, los comuneros utilizan este abono sin esperar el tiempo suficiente para que este se descomponga, presentando consecuencias para sus cultivos, ya que al no descomponerse correctamente puede ocasionar el desarrollo de patógenos que causen enfermedades o daños en sus cultivos (Barreros, 2017).

Debido a lo anterior, la presente investigación tiene el propósito determinar los volúmenes de agua requeridos, calidad nutricional y beneficios costo de los lixiviados obtenidos a partir del lombricompost a base de estiércol de cuy, con los que se pueda tomar decisiones previas a su uso de manera extendida en condiciones de campo e invernadero, como una alternativa de producción de abono orgánico de fácil de realizar.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del problema

En el Ecuador existe reducida información en el que se haya incorporado métodos de riego tecnificado para evaluar diferentes volúmenes de agua a fin de obtener lixiviados de lombricompost a base de estiércol de cuy a nivel local. El excesivo uso de fertilizantes inorgánicos causa problemas agroecológicos en la que se destacan una compactación y disminución de microorganismos del suelo, provocando un desequilibrio de los ciclos de producción y disminución del rendimiento del cultivo. La producción de lixiviado de lombricompost en base a estiércol de cuy con riego tecnificado, puede ser parte de la alternativa en la producción de un biofertilizante que esté acorde con una agricultura orgánica y sostenible en la parroquia Columbe.

#### 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 cuy en San Isidro de Columbe.

##### 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 cuy.

Analizar el beneficio costo de lixiviados obtenidos a partir del lombricompost a base de estiércol de cuy.

#### 1.3 Justificación

En la actualidad la utilización de insumos químicos en los cultivos está perjudicando notablemente al medio ambiente y por ende a las personas, por esta razón desde la academia se deben buscar estrategias y alternativas de producción, una de ellas es la aplicación de lixiviados de lombricompost sobre los cultivos, debido a que con esto la producción se vuelve limpia y están

libres de cualquier sustancia que pueda afectar al ser humano. Lo más importante es que al aplicar lixiviados en base a residuos orgánicos en los cultivos no se ve afectado el suelo ni el agua que se encuentren cercanas a estos cultivos Burbano (2019), lo cual se apega a lo propuesto en la Ley Orgánica De Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento De Agricultura del Ecuador, donde en su Art. 49, menciona que se debe Garantizar la fertilidad y biodinámica del suelo mediante prácticas de conservación y evitar su erosión, degradación y contaminación, además de impulsar y optimizar la utilización de los ciclos naturales de nutrientes y energía e incrementar la inmunidad natural de los sistemas agrícolas (Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable, 2017).

Por lo cual la obtención de lixiviados en la comunidad San Isidro de Columbe proporciona un medio económicamente factible, ecológico y aceptable, disminuyendo el uso de fertilizantes químicos, mediante la utilización de lombrices que se encargan del proceso de descomposición del estiércol de cuy, permitiendo un aprovechamiento más eficaz por parte de las plantas, evitando contaminación en el medio ambiente brindando una mayor fertilidad en los suelos de la comunidad.

## **1.4 Hipótesis**

### ***1.4.1 Nula***

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

### ***1.4.2 Alterna***

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

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Volúmenes de agua requeridos para la obtención de lixiviados en lombricompost.

Según Ruíz (2011), una humedad de alrededor del 70% al 80% es la ideal en la elaboración de lombricomposta. Arriba de este rango, se considera una humedad excesiva que resulta en el desarrollo de condiciones anaeróbicas. La evaluación del contenido de humedad puede realizarse fácilmente con la “prueba del puño”: se toma un puñado de material que se exprime con fuerza y deben escurrir algunas cuantas gotas entre los dedos, pero no debe estar saturado de agua (encharcado). Al iniciar el proceso, el sistema de aspersión se calibra para que haga un riego permanente de 40 litros por hora, por cada 20 metros lineales del montículo. Se deberá revisar constantemente los aspersores para que no se tapen y dejen de asperjar el agua que se necesita. Durante los primeros días no se lixiviará nada, ya que la mezcla está absorbiendo toda el agua que requiere, sin embargo, una vez que se satura comenzará a lixiviar y este se almacenará en la fosa para después retornarlo al montículo cada 3 días. Se recomienda tener una bomba de repuesto por si la que se tiene deja de funcionar o sufre algún desperfecto (INIFAB, 2021).

El agua está estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material. En procesos en que los principales componentes sean substratos tales como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, la necesidad de riego durante el compostaje es mayor que en los materiales más húmedos, como residuos de cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped. El rango óptimo de humedad para compostaje es del 45% al 60% de agua en peso de material base (Hidalgo, 2020).

#### 2.2. Riego tecnificado

La implementación de sistemas de riego tecnificados tiene como objetivo poner a disposición y distribuir de forma homogénea el agua necesaria, del manejo del riego depende gran parte el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, no todos los cultivos tienen las mismas exigencias de

agua, por lo que se debe conocer e intentar satisfacer de la mejor manera el requerimiento hídrico de los cultivos (Ministerio de agricultura de Perú, 2006).


Según (GAETE, 2001) consiste básicamente en la conducción y distribución de agua mediante el uso de redes de tuberías desde la fuente hídrica (canal, pozo, embalse, etc.) hasta el terreno a regar.

### Ventajas

- La eficiencia de aplicación del agua es del orden del 65-75%.
- Las pérdidas por infiltración, evaporación y evapotranspiración de malezas se reducen a cero en los tramos de conducción.
- Comparado con las técnicas tradicionales necesita solo el 25% de la mano de obra.
- El sistema es de bajo costo económico, debido a que aprovecha los desniveles para su funcionamiento, trabajando a muy bajas presiones, requiriendo de tuberías de bajo espesor.
- Su instalación es simple y rápida, obteniéndose todas las ventajas que poseen en general los tubos y accesorios de PVC.

#### 2.2.1. Experiencia sobre la utilización de riego y microaspersión para la obtención de lombricompost.

**Tabla 2-1:**Experiencias

<b>Finca “Buenos Aires”</b>	
	<p>La finca “Buenos Aires”, localizada en Vereda palenque en Colombia, se dedica a la elaboración de Lombricompost, su fuente orgánica para la obtención de lombricompost es el estiércol de caballo y de vaca, en su preparación utilizan dos especies de lombriz, la lombriz roja californiana y la lombriz asiática, la última de estas en mayor cantidad, esto se debe a que en este sector se multiplica con mayor facilidad y trabaja de mejor manera, poseen 8 camas de producción de lombricompost, conteniendo 2 toneladas por cama.</p> <p>El rendimiento de la cama de 45% a 50 %, se obtienen dos tipos de abono, uno de tipo sólido y otro de tipo</p>



líquido o lixiviado (humus líquido), para la obtención de este, la finca utiliza el agua de lluvia, la que es recolectada en tanques para después ser regada mediante el sistema de riego por aspersión, aseguran que este método es el más factible ya que las camas son regadas de manera uniforme y adquieren así una humedad ideal, logrando una producción alta, obteniendo así 25 litros de lixiviado por cada cama.

### Lombricultura Del Llano



La empresa “Lombricultura del llano”, propiedad del Sr. Hernán Araya Leitón, procesa anualmente 600 toneladas de desechos generadas en caballerizas en Llano Grande, Cartago, Costa Rica.

El proceso en esta empresa cuenta con tres fases. La primera es el periodo de compostaje de los desechos. La segunda es la lombricultura y la tercera es la separación de las lombrices y obtención de lombriabono.

La elaboración de lombriabono, a partir de la caballaza composteada, se inicia mezclando 22 kilos de lombrices con 40 kilos de caballaza, los cuales se colocan en un cajón de madera forrado con plástico.

Las lombrices se alimentan cada 15 días con una capa de caballaza composteada. Cuando el cajón se llena, se dejan las lombrices 7 días sin alimento ni agua, esta fase tarda 3 meses, periodo en el cual el material se riega dos veces por semana, mediante el sistema de riego por aspersión, por la facilidad y factibilidad que el mismo presenta. El líquido se drena de los cajones, se recolecta mediante un sistema de tuberías que los conducen a un tanque del cual se saca para su respectivo empaquetamiento.



Después de 7 días de estar las lombrices sin alimento ni agua, se agrega caballaza composteada para atraer y capturar a las lombrices y separar del lombriabono.

Fuente: Cuaderno de nuestra finca (2006).

### 2.3. Lixiviados.

Según Casillo (2023), el lixiviado de lombriz o exfoliante como también se le conoce, es un líquido que resulta del filtrado del agua por la irrigación constante en las camas o canteros donde se encuentran las lombrices la cual se infiltra y corre y es recogida en determinados contenedores. Es un fertilizante orgánico bioestable resultado del lixiviado de la producción de humus de lombriz (roja californiana-Eisenia foétida) sólido.

El humus sólido es el producto de la digestión de la lombriz al pasar por su tracto digestivo sustancias orgánicas en descomposición y sus beneficios son:

- Favorece el incremento de microorganismos del suelo.
- Incrementa la disponibilidad de macro y micronutrientes.
- Inhibe el crecimiento y desarrollo de patógenos que atacan a los cultivos.
- Mejora las características químicas de los suelos.
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
- Disminuye la contaminación de los suelos en donde el uso de pesticidas químicos.
- Estimula el desarrollo radicular.
- Influye en el aumento de la productividad.

Cerón (2019), menciona que es un biofertilizante natural que contiene macroelementos como el nitrógeno, fósforo, y potasio, así como microelementos (zinc, fierro, cobre, manganeso, molibdeno, boro, calcio, magnesio, azufre y sodio), nutrientes indispensables para el crecimiento de las plantas, además de contener algunas enzimas, proteínas, aminoácidos y microorganismos benéficos, siendo este un biofertilizante ideal para su aplicación en todos los cultivos. La riqueza de este insumo está dada por el trabajo que realizan las lombrices rojas californianas (Eisenia foétida) mismas que a partir del proceso de ingestión y digestión provocan la transformación



biológica, química y física de los materiales orgánicos sólidos contenidos en el montículo de lombricomposta. El lixiviado obtenido en el proceso de lombricompostaje es un líquido de excelente calidad para mejorar, corregir y aumentar la fertilidad en suelos agrícolas debido a su alto contenido de ácidos húmicos y fúlvicos altamente asimilables y aprovechables por las raíces de los cultivos y la microflora y microfauna de los suelos y sustratos de siembra agrícola.

Los té de compost y lixiviados de vermicompost son abonos líquidos que se aplican por aspersión foliar o al suelo, y han sido utilizados con éxito en el combate de algunas enfermedades de plantas. El té de compost es una infusión preparada a base de compost o vermicompost y agua, en una proporción que varía de 1:3 a 1:200 y que se incuba por un periodo de tiempo definido. El té se puede producir de forma anaeróbica o aeróbica, esta última mediante el burbujeo continuo de aire. Durante el proceso los microorganismos y nutrientes solubles del vermicompost son extraídos en el té (Scheuerell, 2006).

#### **2.4. Lombricompost**

Según Ruíz, (2011) el lombricompost o comúnmente denominado humus de lombriz es un material similar a la tierra, producido a partir de residuos orgánicos, alto en nutrientes y utilizado comúnmente como mejorador de suelos o sustituto de fertilizantes. Se obtiene mediante el proceso que utiliza la acción conjunta de microorganismos y lombrices que mediante procesos biotransformación que se producen a todo lo largo y ancho del intestino permite producir proteínas animales y abono de calidad superior a partir de residuos orgánicos, estos representan a menudo un verdadero problema ecológico, tanto por su cantidad como por la contaminación asociada a ellos, por este motivo, la presencia de las lombrices en el medio es esencial (Avila, 2010).

El lombricompost es de color oscuro, granulado y homogéneo, presenta un olor agradable a mantillo de bosque. Se obtiene mediante la acción de la lombriz al reciclar en su aparato digestivo toda la materia orgánica, comida y estiércoles o quedando un producto compostado libre de semillas activas y hongos. Es un fertilizante orgánico, bioacondicionador y corrector del suelo cuya propiedad básica es la bioestabilidad al no provocar fermentación o pudrición. Su alta solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana garantiza una asimilación rápida por las raíces de las plantas. Produce un aumento del tamaño de las especies vegetales, protege de enfermedades y cambios bruscos de humedad y temperatura durante el trasplante de estos. El lombricompost contiene cuatro veces más nitrógeno, veinticinco veces más fósforo, y dos veces y media más potasio que el mismo peso del estiércol de bovino (INFOAGRO, 2017).

## **2.5. Requerimientos climáticos para la elaboración del lombricompost.**

Para que el cultivo de lombricompost se ejecute de manera exitosa se debe tener en consideración diferentes factores, ya que, cuando las condiciones no son óptimas, las lombrices presentan un comportamiento denominado estivación, el que es caracterizado porque cesan de alimentarse y reproducirse; vacían sus estómagos, formando una masa entre ellas en el fondo de la cama y excretan mucus para mantenerse húmedas. La estivación es la forma extrema de indicar que no están recibiendo el tratamiento adecuado (Beltrán, 2023).

### **2.5.1. Riego**

Los sistemas de riego que generalmente se emplean son de manera manual y por aspersión. El riego manual consta mangueras de goma con diferentes características según sea la función de los lechos. Por su sencillez es muy difundido, pero requiere un trabajador implicado exclusivamente en esta labor. La cantidad de agua depende de las condiciones ambientales del territorio, el riego debe ser de manera uniforme, por ello se recomienda el uso de microaspersores u otro elemento que distribuya el agua en forma de llovizna fina (Torres, 2002).

### **2.5.2. Humedad**

Se controla regando el lecho con agua potable, las veces que sean necesarias. Para medir la humedad en el sustrato se emplea la prueba de puño. El nivel de humedad óptimo es del 82,5%. Según Mejía (2002), si el lecho está demasiado mojado, falla la oxidación, indispensable para la supervivencia de las lombrices; además se compacta, perjudicando a la lombriz, que no tiene mecanismos fisiológicos para tomar oxígeno del agua (Osorio, 2003). También se lavan gran parte de las proteínas contenidas en el alimento que luego son eliminadas por los agujeros de drenaje (Torres, 2002).

### **2.5.3. Temperatura**

La temperatura cambia gradualmente de acuerdo con las fases por las que atraviesa la descomposición de los residuos orgánicos en la pila.

Las fases de descomposición de residuos orgánicos:

- Fase latente: dura de 1 a 4 días, dependiendo del tipo de residuos orgánicos y del clima. Los microorganismos saprofitos colonizan los residuos orgánicos. Durante la primera semana no deben realizarse volteos de la pila.
- Fase mesófila o de calentamiento: según Osorio (2003), la temperatura de la pila a partir de las 48 horas debe subir a 45°C; en esta fase los microorganismos se multiplican rápidamente e inician la descomposición de los azúcares, almidones, proteínas y ácidos orgánicos. Una vez haya alcanzado esta temperatura, se debe realizar un volteo semanal.
- Fase termófila o de máxima temperatura: La temperatura debe estar entre 60 y 70°C, no se debe permitir que supere este nivel, pues empobrece la condición química y microbiológica de los residuos orgánicos. Se favorecen los microorganismos termófilos: bacterias formadoras de esporas y actinomicetos, que asisten con la descomposición de la materia orgánica y además impiden el crecimiento de microorganismos patógenos. Cuando la pila de compostaje supera los 70°C se deben realizar volteos más frecuentes, se recomienda entre dos o tres veces por semana.
- Fase de enfriamiento: La temperatura desciende a condiciones mesófilas (menos de 50°C), se reinva de microorganismos mesófilos.
- Nueva fase mesófila o de maduración: La actividad de los hongos y actinomicetos es alta, mientras que la de las bacterias disminuye.
- Fase de estabilización: La temperatura baja a 25°C o hasta la temperatura ambiente, (Osorio, (2003); aparecen pequeños insectos, cucarachas, cochinillas y lombrices (Luna, 2007).

#### **2.5.4. Aireación**

La lombriz requiere aire para su proceso vital y por lo tanto es necesario remover los canteros o lechos con rastrillo por lo menos cada siete días. Esta condición proporciona los microorganismos el oxígeno suficiente y permite la eliminación del dióxido de carbono producido. La frecuencia del volteo depende del tipo de residuo que se descomponga (Beltrán, 2023).

Según Gaete (2010), es esencial para la adecuada respiración y desarrollo de las lombrices. Si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además del apareamiento y reproducción esto se debe a la compactación. Al interior del lecho debe existir un adecuado intercambio gaseoso, el cual está relacionado con la textura del sustrato. Los materiales muy compactados y la presencia de un exceso de agua saturan los poros del lecho provocando una caída del O<sub>2</sub>, lo que resulta peligroso para la supervivencia de los animales.

### ***2.5.5. Iluminación***

Las lombrices demandan de escasa iluminación para poder alimentarse, crecer, desarrollarse sexualmente y reproducirse. Para ello es necesario el uso de Malla Polisombra encima de las canteras, esto debe a que este es un material que deja pasar el aire, proporcionando frescura a la cantera pero que impide el paso de la luz, por lo que es ideal para el proceso (Somarriba, 2004).

### ***2.5.6. pH***

Según Luna (2007), el pH óptimo para llevar a cabo el proceso del compostaje es el neutro, es decir se halla dentro de un rango de 7 a 8. Es imprescindible efectuar la prueba de acidez cada vez que se recibe una nueva partida de material orgánico con la finalidad de controlar su envejecimiento y su estado de descomposición. El valor ácido o básico de un sustrato se mide utilizando papel tornasol o un potenciómetro. Esta prueba implica tomar con la mano una muestra muy húmeda estéril; se introduce una tira de dicho papel en medio del estiércol; y se mantiene la mano cerrada durante un lapso de 20 a 30 segundos; luego se realiza una comparación de la coloración obtenida con la escala de colores que trae el empaque. Si el pH es ácido, dentro del sustrato se desarrollarán plagas comúnmente llamadas planarias.

## **2.6. Tipos de fuente orgánicas para la obtención de lombricompost**

Para alimentar los canteros de lombrices existen diferentes tipos de sustratos tanto vegetales como animales.

### ***2.6.1. De origen animal.***

León (2013), menciona que las lombrices se alimentan de desechos orgánicos, con procedencia animal y vegetal, antes de ingerir el alimento los humedece con un líquido que segregan y con lo cual llega a realizar una predigestión, su aceptación por todo desecho agropecuario es sorprendente (estiércoles, restos de cultivos, hojas, frutos, malezas, etc.).

**Tabla 2-2:** Desechos orgánicos de origen animal.

<b>Estiércol bovino</b>	Presenta una condición de manejo más fácil, debido a su menor compactación y acidificación y a que tiende a ser más atractivo para los insectos, algunos de los cuales se pueden convertirse en plagas. Posee la ventaja de poseer un contenido de enzimas que ayudan a facilitar la acción bacteriana al pasar por el tracto digestivo de la lombriz. Se requiere un periodo de previo añejamiento antes a su uso como alimento, este periodo puede oscilar entre 8 a 15 días, dependiendo de las condiciones climáticas especialmente de temperatura.
<b>Estiércol de conejo</b>	Después de los estiércoles de aves, este estiércol presenta altos contenidos salinos y de nitrógeno, que puede llegar hasta aproximadamente 2% esto hace que sean necesarios riegos y volteos frecuentes, previos a utilizarlos como alimento de las lombrices.
<b>Estiércol de caballo</b>	Su principal característica es su alta porosidad que los hacen un material muy accesible para el manejo de lombrices, su contenido nutricional al igual que el resto de los estiércoles depende de la calidad de alimentación del animal.
<b>Estiércol de aves</b>	Estiércoles ricos en su contenido proteico y ácido fosfórico, estos tienden a calentarse aceleradamente por lo que requiere un periodo de composte previo, con riegos y volteos continuos para disminuir la salinidad y contenido de gases, principalmente del amoníaco que resulta tóxico para la lombriz. Se deben hacer pruebas previas para determinar el momento oportuno en el que este estiércol se puede utilizar como alimento. Las lombrices alimentadas con estos tienden a ganar mayor peso que las alimentadas con otros estiércoles, (0.5g/ lombriz promedio). En pruebas efectuadas se encontró que en un periodo de 12 días la materia estuvo lista para el consumo de las lombrices, como resultado producen un humus rico sobre todo en fósforo, calcio y nitrógeno

Fuente: Mora (2021).

### ***2.6.2. De origen vegetal***

Pantoja (2020), Afirma que los residuos de origen vegetal incluyen hojas, pasto, flores, tallos, paja, frutas, verduras y residuos de plantas. Todos estos materiales pueden ser utilizados en la alimentación animal siempre y cuando realice un proceso de precompostaje, que es necesario previo a ser facilitado a las lombrices. Uno de los problemas más importantes a considerar en su manejo es la alta humedad de éstos, así como su contenido de azúcares, que hace que fácilmente

fermenten y se conviertan en un problema. Por otra parte, cuando se manejan adecuadamente se convierten en un excelente alimento para las lombrices, produciendo un magnífico humus.

**Tabla 2-3:** Desechos orgánicos de origen vegetal.

Residuos de la actividad agrícola	Podas de árboles, restos de cultivos, residuos postcosecha, y arbustos, malezas, etc.
Residuos de la actividad forestal	Hojas, ramas y aserrín,
Residuos de la actividad agroindustrial	Bagazo de la caña de azúcar, pulpa de café, cascarilla de arroz, de maíz, del procesamiento de papa y frutas.
Residuos de la actividad cotidiana en las zonas urbanas	Basura doméstica, restos de comida, incluye cáscaras de huevo.

Fuente: Oviedo, (2022, p. 20)

## 2.7. Lombriz y su ciclo.

Actualmente se conocen entre seis mil y siete mil especies de lombrices, la más popular es la lombriz de tierra que habita exclusivamente en la tierra y se alimenta de la materia orgánica descompuesta presente en los suelos. No todas las especies de lombrices son aptas para la crianza, esto se debe a que la mayoría necesita de condiciones muy precisas y difíciles de lograr. No obstante, existe una especie conocida como lombriz roja californiana, la que mejor se adapta al cautiverio (Paco, 2011). *Eisenia foetida* (coqueta o lombriz rojas californiana) es la lombriz que más se utiliza para la producción de lombricompost. Esta lombriz resultado del cruce entre *Lumbricus terrestris* (lombriz de tierra que sale a la superficie) y *Helodrilus foetida* (lombriz que habita en el estiércol) (López, 2017). Dicha lombriz al alimentarse de materia orgánica transforma residuos en recursos, son regeneradoras de los suelos y utilizarlas en agricultura ecológica, a pesar de ser una especie europea autóctona, recibe el apellido de “californiana”, debido a que fue en California el sitio en donde se descubrieron sus increíbles beneficios (Acero, 2021).

**Tabla 2-4:** Clasificación taxonómica de la lombriz

<b>Reino</b>	<b>Animalia</b>
<b>Filo</b>	Annelida
<b>Clase</b>	Clitellata
<b>Subclase</b>	Oligochaeta
<b>Orden</b>	Haplotaxida
<b>Suborden</b>	Lumbricina

<b>Superfamilia</b>	Lumbricoidea
<b>Familia</b>	Lumbricidae
<b>Subfamilia</b>	Lumbricinae
<b>Género</b>	Eisenia
<b>Especie</b>	Foetida
<b>Nombre científico</b>	<i>Eisenia Foetida</i>
<b>Nombre común</b>	Lombriz roja californiana

Fuente: Ayetza, (2002, p.7).

Como todos los anélidos, la coqueta roja tiene un cuerpo alargado, segmentado y simetría bilateral. Las lombrices al nacer son blancas y de adultas son rojas, cada anillo, segmento o metámero del cuerpo contiene cerdas no visibles, puede tener de 80 hasta 175 segmentos y uno o dos poros por segmento. Carecen de ojos, su sistema de respiración es a través de la piel. Su aparato circulatorio está formado por cinco tubos (corazones) y el renal por tres pares de riñones (Pineda, 2006).

Las lombrices llegan a ser fértiles a los 90 días de nacidas, es decir su población se puede duplicar a los 90 días (3 meses) si se tienen las condiciones óptimas, son hermafroditas, pero no se autofecundan, por lo que es necesario la cópula. Entre los anillos 32 y 38 se encuentra el clitelio o clitelium, un ensanchamiento o prominencia que poseen en donde se secreta la sustancia que forma los cocones o huevecillos, en donde se permite la cópula (Pineda, 2006).

López (2017), menciona que los cocones o huevecillos de las lombrices miden de 2 a 4mm, eclosionan a los 14 o 21 días y nacen de ellos 2 a 20 lombrices, de 0.5 a 1 cm cada una, autónomas desde Lombricompost | 12 el nacimiento porque se alimentan solas, pueden llegar a vivir hasta 15 años. Se estima que una lombriz consume lo equivalente a su peso al día y excreta un 60% como material humificado. Este dato es importante para alcanzar el objetivo de producción de lombricompost, entre más alta sea la población de lombrices, se requerirán mayores volúmenes de sustrato alimenticio, que se traduce en mayor producción de lombricompost.

Es necesario considerar que la lombriz prefiere habitar dentro de los primeros 50cm de sustrato, es fotofóbica: le afectan los rayos ultravioletas. También le afecta la humedad excesiva y la acidez del medio; cava túneles en suelo blando y húmedo, digiere partículas vegetales o animales en descomposición y vuelve a la superficie a expulsar sus excreciones ricas en nutrientes para el suelo (Pineda, 2006).

## 2.8. Valor nutricional del estiércol de cuy.

El estiércol de cuy es aprovechable por su contenido en minerales y porcentaje de humedad, a comparación de otras especies. De acuerdo con el INIA, el estiércol de cuy concentra una gran cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio, componentes que son los que mayormente utilizan las plantas. Su bajo nivel de humedad lo hace más duradero (Mancilla, 2002).

Según Pantoja, R. (2014), señala la importancia del estiércol de cuy y su uso como fertilizante del suelo. Es muy útil para cultivos agrícolas ya que reduce en cierta medida la erosión del suelo, brindan mayor humedad y mejora la actividad biológica y fertilidad, aporta nutrientes al suelo en grandes proporciones y sobre todo no contamina al ambiente y no es tóxico. En las propiedades químicas menciona que posee un alto valor de nitrógeno con 0.70%, fósforo con 0.50%, potasio con 0.31% y un pH de 10.

Estrada (2020), considera que, el estiércol de cuy es uno de los estiércoles de mejor calidad, junto con el de caballo, por sus propiedades físicas y químicas, por lo que generalmente es usado por los agricultores como abono directo.

Garrido (2014), comenta que, en el caso del estiércol de cuy se identifica la facilidad de recolección en comparación del estiércol de otros animales, puesto que normalmente se los encuentra en galpones, la cantidad de estiércol producido por un cuy es de dos a tres kg por cada 100 kg de peso vivo.

**Tabla 2-5:** Porcentaje de composición química del estiércol de cuy en seco.

N (Nitrógeno)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Óxido de fósforo)	K <sub>2</sub> O (Óxido de potasio)	CaO (Óxido de calcio)	MgO (Óxido de magnesio)	SO <sub>4</sub> (Sulfato)
0.60	0.03	0.18	0.55	0.18	0.10

Fuente: Velásquez, (2017, p. 25)

## 2.9. Ácidos húmicos

Son los compuestos más existentes en la superficie de la tierra. Se encuentran en el suelo, en los ríos y lagos y en el mar. Constituye del 70 al 80 % de la materia orgánica del suelo y proceden de la degradación química y biológica de los residuos de plantas y animales y de la actividad sintética de los microorganismos. El humus se encuentra formado por ácidos fúlvicos y fulvatos, los ácidos húmicos y humatos, y por la humina y aunque se sabe de qué elementos están constituidos, su



estructura química es tan compleja y variante, que hasta la actualidad solamente se conocen aspectos parciales de ella. Este fraccionamiento del humus en ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y humina está basado en su solubilidad (Ortega & Flores, 2015).

Los ácidos húmicos se caracterizan por ser una sustancia de color pardo oscuro, alto peso molecular, solubles en medios alcalinos, alto CIC en el suelo, menor penetración foliar y radicular, pero buena movilidad de los nutrientes en la planta (Restrepo & Escobar, 2014).

Los ácidos húmicos son muchos más activos bioquímicamente mientras que los ácidos fúlvicos tienden a ser más activos geológica y químicamente. El equilibrio que existe entre estas dos sustancias húmicas permitirá el aprovechamiento máximo (Horticultura, 2007). Los ácidos húmicos y fúlvicos, de manera independiente de su “pH”, se le establecen dos funciones (ácidas y nitrogenadas), que dan origen a dos sistemas tampón y amortiguador, que contribuyen a estabilizar el pH del suelo (Blasco, 2011).

## **2.10. Ácidos fúlvicos**

Los ácidos fúlvicos es una sustancia natural orgánica, esta es soluble en agua, además, es de bajo peso molecular, que se deriva del humus. Los ácidos húmicos son una compleja mezcla de material orgánico, que procede de las hojas, ramas, troncos y demás, que están decayendo en el suelo. El proceso se lleva a cabo por hongos y por microorganismos, produciéndose el ácido fúlvico. Estos ácidos poseen la propiedad de realizar formaciones de compuestos de muy bajo peso molecular con iones de carga positiva, este proceso es conocido como quelación. Los compuestos quelados de minerales son altamente absorbibles por las plantas y animales. Este proceso de quelación natural permite a las plantas almacenar, tanto vitaminas como minerales (Aramendy, 2015).

Los ácidos fúlvicos son de color café – amarillo y de menor peso molecular, solubles en medios ácidos y alcalinos, con muy buen CIC y alta capacidad complejante del fosforo y de microelementos como Cu, Zn, Mn y Mg y una mayor penetración foliar y radicular. Los ácidos fúlvicos son valiosos en el suelo ya que estos interfieren con los nutrientes minerales del suelo y facilitan la absorción de los nutrientes en las plantas, sin embargo, en zonas de mucha precipitación cuando se aplican al suelo y con un pH bajo, los ácidos fúlvicos pueden acelerar el lavado de los nutrientes (Restrepo, & Escobar, 2014).

Según Santana (2017), los ácidos fúlvicos son una mezcla de ácidos orgánicos débiles alifáticos y aromáticos que se disuelven en el agua con todos niveles de pH (ácidos, neutrales y alcalinos). Su

estructura y composición son bastante variables. Debido al tamaño relativamente pequeño de las moléculas, los ácidos fúlvicos pueden penetrar fácilmente dentro de las raíces de las plantas, tallo y hojas, aportando microelementos útiles.

## **2.11. Relación Carbono /Nitrógeno**

Gordillo (2010), detalla que la relación C/N posee una esencial importancia en un compost esto se debe a que el carbono aportara la energía a los microorganismos y el nitrógeno es indispensable para la síntesis de nuevas moléculas.

Jhorar (1991), expresan que para un correcto compostaje en el que se aproveche y retenga la mayor parte del C y del N, la relación C/N del material de partida debe ser la adecuada. Los microorganismos generalmente utilizan 30 partes de C por cada una de N; es por tal razón que se considera el intervalo de C/N teóricamente óptimo para el compostaje de un producto es de 25-35.

### **2.11.1. Importancia de la Relación C/N**

La relación C/N es un factor importante, esto se debe a que influye en la velocidad del proceso y en la pérdida de amonio en el proceso del compostaje; si la relación C/N es mayor que 40 la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono con la consiguiente ralentización del proceso, esto se debe a la disponibilidad deficiente de N para la síntesis proteica de los microorganismos. Al morir estos microorganismos el nitrógeno contenido en su biomasa se recicla y la relación C/N tiende a disminuir. Si el residuo tiene una alta relación C/N, pero la materia orgánica es poco biodegradable, la relación C/N disponible realmente para los microorganismos es menor y el proceso evolucionará rápidamente, pero afectará sólo a una proporción de la masa total. Si la relación C/N se encuentra en un rango demasiado bajo el compostaje es más rápido pero el exceso de nitrógeno se desprende en forma amoniacal, produciéndose una autorregulación de la relación C/N del proceso (Márquez *et al.*, 2003).

### **2.11.2. Características**

La relación C/N ideal para un compost totalmente maduro es cercana a 10, similar a la del humus. En la práctica, se suele considerar que un compost es suficientemente estable o maduro cuando la relación C/N es <20 aunque esta es una condición necesaria pero no suficiente. Si los residuos orgánicos que utilizan para el proceso de compostaje poseen una relación C/N baja (inferior a 18-

19), el compostaje se lleva a cabo con mayor rapidez, pero se desprende como amoníaco el exceso de N, produciéndose una autorregulación de la relación C/N (Jhorar, 1991).

Estas pérdidas, no influyen de manera negativa al proceso de compostaje, sin embargo, si suponen un derroche, esto es a causa de que el N es el nutriente esencial para los cultivos, así como un problema medioambiental Hedegaard (1998) indican que el amoníaco es un gas con un considerable efecto invernadero. Al tener la relación C/N una gran dependencia de la riqueza inicial de N, un valor concreto de C/N no refleja el estado de madurez de un compost, por lo que es más indicado seguir la evolución de C/N del proceso o calcular la diferencia entre los valores iniciales y finales; en la siguiente figura se muestra la evolución característica de la relación C/N durante el proceso de compostaje (Márquez *et al*, 2003).

## **2.12. Relación beneficio/costo.**

Márquez (2015), señala que la razón beneficio costo RBC es aquella relación en la cual tanto el flujo de beneficios como el de los costos se actualizan a una tasa de interés que se considera próxima al costo de oportunidad del capital, esta relación se emplea normalmente como instrumento de evaluación de los proyectos del sector público o de interés social.

El análisis de costo-beneficio (también conocido como análisis de beneficio-costo) es una herramienta de toma de decisiones que ayuda a elegir con qué acciones vale la pena avanzar. Durante el análisis, son asignados valores monetarios a los costos y beneficios de la decisión. Después, los costos son restados de los beneficios con ello se puede determinar las ganancias netas. Ayuda a estimar el beneficio económico total o la falta de este con los resultados obtenidos se puede decidir si es una o no una buena decisión avanzar o parar. El análisis del beneficio - costo es un proceso muy útil mediante el que se puede determinar los beneficios económicos que pueden derivar de una decisión y determinar si vale la pena avanzar con esa opción. Además, es muy útil para evitar ciertas preferencias en las decisiones; en particular, cuando la elección a la que te enfrentas tendrá un gran impacto en el éxito del equipo o del proyecto (MacNeil, 2022).

### **2.12.1. Valor Actual Neto (VAN)**

La Facultad de Economía de la Universidad Nacional de Administración de México (2012), menciona que el Valor Actual Neto Actualizado o Valor Actual Neto (VAN) de un proyecto mide en dinero corriente es decir el grado de mayor riqueza que obtendrá el inversionista en el futuro en el caso que decida emprender en el proyecto. Es definido como el valor actualizado del flujo de ingresos netos obtenidos durante la vida útil económica del proyecto mediante la determinación por año de las

entradas y salidas de divisas en efectivo, a partir de que se realiza el primer gasto de inversión durante el proceso inversionista hasta que concluyen los años de funcionamiento o de operación de la inversión.

El Valor Actual Neto (VAN), también denominado Valor Presente Neto (VPN), es la diferencia entre el valor presente de los ingresos futuros que percibirá una empresa y la cantidad que invierte para sacar a flote un proyecto. En el caso de que el resultado de esta operación sea positivo; es decir, es rentable, nos estaría indicando que el negocio es viable. Los resultados obtenidos en este cálculo le dan seguridad a la organización para que pueda invertir en el proyecto, debido a que los resultados de la inversión son rentables (García, 2021).

### **2.12.2. TIR o Tasa Interna de Retorno**

Gómez (2012), define a la tasa interna de retorno como: TIR, que representa la rentabilidad general del proyecto y es la tasa de actualización o de descuento, a la cual el valor actual del flujo de ingresos en efectivo es equivalente al valor actual del flujo de egresos en efectivo. En otras palabras, se dice que la TIR corresponde a la tasa de interés que torna cero el VAN de un proyecto, anulándose la rentabilidad de este. De esta manera es posible conocer el nivel máximo a donde puede crecer la tasa de descuento y además si aún el proyecto sigue siendo rentable financieramente.

Este cálculo es uno de los métodos de evaluación que se realiza a los proyectos de inversión que son más recomendables. Es utilizado de manera frecuente para analizar la viabilidad de un proyecto y determinar la tasa de beneficio o rentabilidad que se puede obtener de dicha inversión. Se encuentra estrechamente ligado al VAN, el TIR es definido como el valor de la tasa de descuento que iguala el porcentual VAN a cero, para un determinado proyecto de inversión, su resultado viene expresado en valor porcentual (Ramírez, 2015).

### **2.12.3. Costos directos**

Estos tipos de costos son los que se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados o áreas específicas, o también son aquellos que la gerencia es capaz de asociar con los artículos o áreas específicos. Este concepto tiene en cuenta el salario de la secretaria o del director comercial, que es un generador de costes directo para el departamento comercial (Rodríguez, 2010).

Se refiere a aquellos que se hallan vinculados de forma directa con la producción y con el producto ya finalizado. A estos costos se les asigna un valor exclusivo que vaya acorde con la actividad económica de la empresa; son identificables de forma fácil y de manera directa en los productos

finales. Los costos directos influyen directamente sobre el precio final del producto, esto es debido a que se encuentran están relacionados con la producción de la organización. Esto significa que cuanto más valioso sea el costo de producción del servicio o producto, mayor será el precio de mercado (Villalba, 2021).

#### **2.12.4. Costos indirectos**

Estos son costos que no se puede identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados o áreas específicas. Asimismo, este tipo de costos, son comunes a muchos artículos y, por lo tanto, no son directamente asociables a ningún artículo o área. Por ejemplo, la depreciación de la maquinaria o el sueldo del director de producción respecto al producto. Algunos costos son duales, es decir, son directos e indirectos al mismo tiempo. El salario de un gerente de producción va directamente al costo de producción, pero indirectamente al producto. Como se puede apreciar, todo depende de la actividad que se esté analizando (Yañique, 2015).

Este proceso productivo de uno o más productos que vende una empresa, y que no puede medirse y asignarse directamente a una de las etapas productivas o a un producto concreto si no que hay que asumir un criterio de imputación coherente, es una categoría de coste clasificado en función de su relación con la producción (Muñoz, 2022).

#### **2.12.5. Costos de producción**

También denominados costos de operación son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento. En un negocio estándar, la diferencia entre los ingresos (de las ventas y otros insumos) y los costos de producción representa la ganancia bruta. Este es el esfuerzo total que debe realizar una empresa para producir un producto o servicio. Estos costes asociados son: materia prima, mano de obra y cargos indirectos (Muñoz, 2017).

Los costos de producción mantienen un sistema que permite determinar los valores en los que incurren los elementos del costo para llegar a producir un producto con relación a una orden de fabricación. es así que, para Jiménez, (2015), indica que: Los costos por órdenes de producción corresponden a uno de los sistemas de costos conocidos y básicamente está relacionado con la fabricación de grupos o lotes de productos iguales. Los costos se acumulan por separado para cada orden de producción y el precio unitario se determina simplemente dividiendo el costo total de cada orden por la cantidad de unidades producidas en esa orden.

#### 2.12.5.1. *Características de los costos de producción*

Las características o también llamadas particularidades del sistema de costos por órdenes de producción permiten determinar los parámetros para calcular los costos en los que se incurre durante el proceso de fabricación, por ello desde la apreciación de Escobar, (2016), menciona que: existen características particulares de cada uno de los sistemas de costos.

Sin embargo, a continuación, se enlista las características a considerar en el sistema de costos.

- Un sistema de costos establece pautas que rigen los procedimientos de asignación de costos.
- Un sistema de costeo determina la base utilizada para asignar y prorratear los gastos.
- Los sistemas de costos establecen la forma, la fecha y la oportunidad en que deben ser calculados los costos, las modalidades del cálculo, las bases que se pueden utilizar, la forma en que tienen que ser tratados determinados costos, la forma de determinar los costos totales y unitarios. También proporciona metodologías para presupuestar costos y establecer estándares.

Se puede apreciar que el sistema de registro tanto de los costos directos como de los indirectos deben ser asentados y controlados para llegar a determinar con precisión los costos en los que se incurre para llegar a producir una orden de fabricación.

#### 2.12.5.2. *Elementos del costo de producción*

Para Montoya (2010), los elementos del costo de producción están formados por tres elementos:

##### **Materia Prima**

Se trata de productos que están sujetos a cambios y pueden vincularse directamente a la producción. Estos se clasifican en:

- Directa: Aquella que perfectamente puede identificarse y cuantificarse plenamente junto con la producción, es decir, bienes que se producen en sí mismos.
- Indirecta: Es es una carga asociada con la producción, no puede cuantificarse ni identificarse con precisión y es parte de la carga indirecta. Este concepto incluye la producción de accesorios como lubricantes y combustibles. Esta posición también tiene en cuenta la escasez general y las pérdidas de existencias de materias primas.

## **Mano de Obra**

Representa la cantidad de mano de obra y esfuerzo humano que se necesita para convertir las materias primas en productos terminados. Se clasifica de la siguiente manera:

- Directa: Es aquélla que se puede identificar y cuantificar junto con la producción.
- Indirecta: Es aquella que no es posible asignarla directamente a la producción, por lo que forma parte de los cargos indirectos. Este rubro incluye el trabajo humano que no es directamente aplicable a la producción, como por ejemplo: salarios de gerentes, supervisores, empleados de fábrica, salarios confidenciales de fábrica, días de enfermedad pagados, bonificaciones, tiempo de inactividad, beneficios sociales prestaciones derivadas de los contratos colectivos de trabajo ( cuota patronal del Seguro Social, provisiones para vacaciones, primas de seguros, cuotas deservicio médico, de comedor, de centros deportivos o culturales, etc.).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Caracterización del lugar

##### 3.1.1. Localización

El trabajo de investigación fue realizado en la en la comunidad de San Isidro de Columbe perteneciente a la Parroquia Columbe, del Cantón Colta de la Provincia de Chimborazo. Se encuentra ubicada en la región interandina, encontrándose al sur occidente de la Ciudad de Riobamba a 38 Km, ruta Riobamba-Cuenca.



**Ilustración 3 -1: Localización de la zona de estudio.**

Fuente: Google Earth

##### 3.1.2. Características geográficas

- Altitud: 3154 msnm
- Longitud: 753214.90
- Latitud: 9790837.29



### 3.1.3. Características climatológicas

- Temperatura: 8 - 14 °C
- Precipitación: 500 – 1750 mm

### 3.1.4. Característica del suelo

La comunidad de San Isidro de Columbe posee tres tipos de textura de suelos: suelo arenoso, suelo húmico y suelo calcáreo. Las características del suelo se levantaron mediante información bibliográfica

### 3.1.5. Característica ecológica

Según (MAE, 2014), la parroquia Columbe se encuentra en la zona de vida Herbazal húmedo montano alto superior de páramo.

## 3.2. Materiales y Equipos

**Tabla 3-6:** Materiales y equipos

Materiales			
Tablas de monte	Manguera de tres 3/4 de pulgada	Tubo pvc de 1/2 pulgada	Plásticos negro y blanco
Pingos	Codos PVC	Tachuelas	Taladro
Clavos	Válvulas	Agarraderas	Martillo
Barreta	Neplos	Azadón	Baldes
Teflón		Uniones	Ladrillos
Equipos de campo			
Cámara fotográfica	Flexómetro	Peachimetro	
Higrómetro	Termómetro		
Materiales y equipos de oficina			
Computadora	Hojas	Impresora	Cuaderno de apuntes
Insumos			
Lombriz roja (Eisenia fétida)		Estiércol de cuy	

Realizado por: Naranjo, C, 2024.

### **3.3. Metodología de la investigación**

#### **3.3.1. Diseño de camas**

**Selección de terreno:** El área determinada para el desarrollo de la investigación es esencial que esté ubicado, en una zona abierta, protegido de animales, inundaciones, deslizamiento de tierra, además que se encuentre cercano al sitio de producción de desechos animales (cuy) y de fácil acceso para facilitar el transporte de este.

**Adecuación de terreno:** Se realizó el aplanamiento de terreno de 2 m de ancho por 26 m de largo, con la finalidad de corregir el desnivel, del área donde se realizará el montaje de la estructura del experimento.

**Construcción de la estructura:** Se construyó de madera de pino y eucalipto con una extensión de 2.40m x 1.20m x 50 cm de alto, que abarcan las 9 camas, mismas que se encuentran separado del piso a una altura de 20 cm, la cubierta está constituido de plástico con la finalidad de mantener una temperatura estable dentro de las camas.

**Adecuación de las camas:** Las camas fueron cubiertas en su totalidad con plástico negro resistente, con la finalidad de evitar el escurrimiento de los lixiviados.

**Implementación de sistema de riego:** Se utilizaron micro aspersores con un diámetro de alcance de 0,80cm, con sus respectivas mangueras, adaptadas a una manguera de 3/4.

**Aplicación de estiércol de cuy:** Para el experimento se utilizó estiércol de cuy debido a que contiene mayor cantidad de los principales nutrientes para los cultivos como nitrógeno, potasio y fósforo, en comparación con el estiércol de otros animales como vaca, cerdo o caballo.

**Implementación de lombrices:** Se utilizaron 2kg de lombriz roja californiana por cama, debido a que esta especie aceleran el proceso de degradación de la materia orgánica, transformando residuos en recursos.

**Control de parámetros:** La utilización de sondas multiparamétricas como peachímetro, medidor de temperatura y humedad permitieron controlar estos parámetros con la finalidad de mantenerlos estables y controlados, con la finalidad de evitar la muerte de las lombrices y mantener las condiciones adecuadas de la materia orgánica.

**Recolección y evaluación de lixiviados:** Entre otros efectos importantes, este biofertilizante mejora la fertilidad del suelo y consigue excelentes resultados productivos, aumentando la rentabilidad de las actividades agrícolas en todos los cultivos en los que se utiliza, los lixiviados se colectaron en un valle colector mismo que se encuentra, debidamente hermético conectado de manera directa a las 9 camas experimentales.

### ***3.3.2. Diseño experimental***

El proyecto de investigación se lo realizo con la utilización del diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), donde se evaluó 3 volúmenes de agua con 3 repeticiones.

- V1 volumen requerido
- V2 volumen requerido + 25% de agua
- V3 volumen requerido – 25% de agua

### ***3.3.3. Análisis funcional***

- Análisis de varianza (Anova)
- Prueba de Tukey al 5% cuando existió diferencia significativa entre los tratamientos.
- Análisis económico Beneficio/ Costo

### ***3.3.4. Determinación del volumen de agua requerido***

Para el cálculo del volumen requerido se tomó en cuenta los siguientes aspectos, el caudal unitario del micro aspersor, el número de micro aspersores, área mojada, área de las camas de lombricompost.

En el ensayo se estableció 9 camas, cada una de estas tienen una medida de 1.20 x 2.40 m<sup>2</sup>, en la cual se incorporó estiércol de cuy y lombrices rojas californianas, cada una de estas camas tienen distintos volúmenes de agua. Para determinar los volúmenes de agua requeridos para la obtención de lixiviados en el proceso de lombricompost, se desarrolló la siguiente metodología:

- La medición de la altura de la capa de materia orgánica (estiércol cuy) se colocó 8 cm, y la materia orgánica se incorporará cada 7 días.
- Para calcular el volumen de agua requerida, se consideró la altura de la capa de materia orgánica.

#### 3.3.4.1. Cálculo del caudal del microaspersor

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

Para obtener el caudal del microaspersor se tomó cuatro muestras de agua en un envase de un litro, además, para determinar el tiempo de llenado se utilizó el cronómetro de un celular.

Una vez tomada las cuatro muestras se procedió a sumar y dividir para cuatro, y se obtuvo en caudal del microaspersor.

Donde:

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.

#### 3.3.4.2. Cálculo del área mojada (A)

El área mojada se calcula utilizando la fórmula:

$$A = \text{ancho} \times \text{largo de la cama}$$

Donde:

A es el área en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

lado es la longitud de un lado de la cama de lombricompost en metros (m).

#### 3.3.4.3. Cálculo del volumen de agua requerido (V)

El volumen de agua requerido se calcula multiplicando el área de la cama por la altura de la capa de materia orgánica en las camas de lombricompost:

$$V = A \times h$$

Donde:

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

A es el área de la cama de lombricompost en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

h es la altura de la materia orgánica a colocar en las camas de lombricompost en metros (m).

- Se determinó el tiempo de riego necesario para aplicar el volumen de agua calculado, este tiempo se ajustó según las condiciones específicas de cada tratamiento y las necesidades de humedad del lombricompost.

- Se determinó el número de micro aspersores necesarios para aplicar el agua de riego de manera uniforme sobre el lombricompost. Este número se calculó en función del caudal de agua disponible y el área de cobertura requerida.

### **3.3.5. 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 cuy) que se determinó los macro y microelementos (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn).

### **3.3.6. Cantidad de producción del lixiviado**

Para la producción de lixiviados se midió semanalmente, con la ayuda de un recipiente graduado en mililitros, recolectando la cantidad producida de lixiviados, en baldes plásticos y guardados en un lugar oscuro.

### **3.3.7. Temperatura (°C), humedad (%) y pH del lombricompost**

La temperatura (°C), humedad (%) y pH del lombricompost se tomó datos diariamente con la ayuda de un medidor de calidad de suelo, la cual se realizó todas las mañanas a la misma hora.

### **3.3.8. 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 nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos importantes para aplicaciones foliares y edáficas de los cultivos. Además, se realizó un análisis de materia orgánica (estiércol cuy) del lombricompost para evaluar su contenido nutricional y su calidad.

## **2.1.1 Beneficio/costo**

Para el análisis de beneficio costo de los lixiviados obtenidos a partir del lombricompost se realizó lo siguiente:

- Evaluación de costos directos e indirectos: se realizó una estimación detallada de los costos asociados con la producción de los lixiviados a partir del lombricompost, incluyendo costos directos como mano de obra, insumos y equipos, así como costos indirectos como el uso de instalaciones y servicios.
- Cálculo del costo de producción: Se calculó el costo total de producción de los lixiviados, sumando los costos directos e indirectos.
- Cálculo de los ingresos: se estimó con base a los ingresos por la venta del lixiviado, en función del volumen a producir, por un área de 1000 m<sup>2</sup>
- Se calculó la relación beneficio-costo para evaluar la viabilidad económica del proceso de producción de los lixiviados.

Se realizó el análisis económico con la ayuda de la siguiente fórmula (Bravo, 2011; citado por Carguachi, 2022, p. 26-30):

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

Donde:

**R B/C:** relación beneficio costo.

**IT:** ingresos totales por ventas del producto

**CT:** costos totales

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. Volúmenes de agua requeridos para la obtención de lixiviados en el proceso de lombricompost.

##### 4.1.1. Caudal

Con la finalidad de medir el caudal se, tomó cuatro muestras de agua en un envase de un litro, además, para determinar el tiempo de llenado se utilizó el cronómetro de un celular.

$$T1 = 50 \text{ (s)}$$

$$T2 = 53 \text{ (s)}$$

$$T3 = 52 \text{ (s)}$$

$$T4 = 51 \text{ (s)}$$

$$\text{Suma: } 206 \text{ (s) /4}$$

$$\text{Total: } 51,5 \text{ (s)}$$

$$Q = \frac{V}{T} = \frac{1Lt}{51,5(s)} = 0,0194 \frac{L}{s} \times \frac{3600s}{1h} = 69,84 \frac{Lt}{h}$$

8 cm = 80 mm lamina o altura del estiércol de cuy aplicado cada 7 días

$$1 \text{ mm} = \frac{1Lt}{m^2} \times 2,88 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ mm} = 2,88 \text{ Lt}$$

$$80 \text{ mm} = 2,88 \text{ Lt} \times 80 = 230,4 \text{ Lt}$$

#### Volumen requerido

$$L = \frac{V}{A}$$

$$qe = 70 \text{ L/h}$$

$$8 \text{ mm} = \frac{V}{A(1,20 \text{ m} \times 2,40 \text{ m})}$$

$$0,08 \text{ m} = \frac{V}{2,88 \text{ m}^2}$$

$$0,2304 \text{ m}^3 = V$$

$$V1 = 230,4 \text{ litros}$$

**Volumen requerido + 25%**

$$V2 = V1 + 25\% * V1$$

$$V2 = 230,4 \text{ litros} + 0,25 \times 230,4 \text{ litros}$$

$$V2 = 230,4 \text{ litros} + 57,6 \text{ litros}$$

$$V2 = 288 \text{ litros}$$

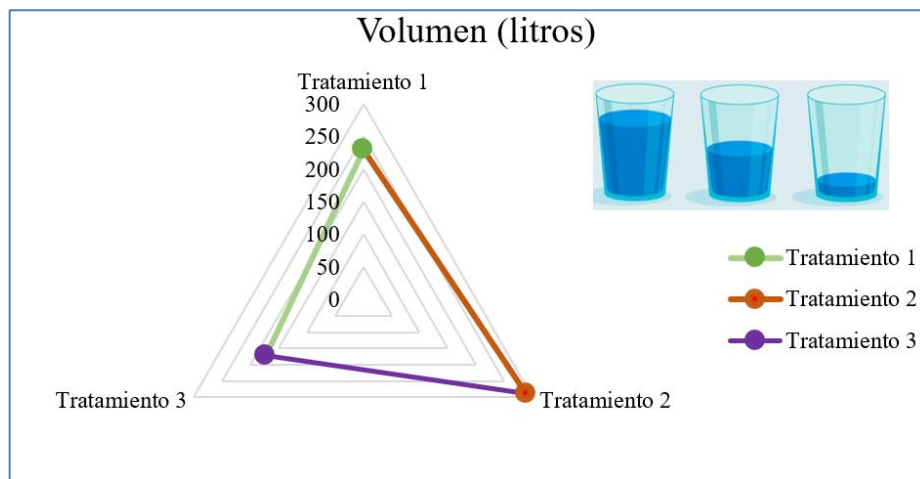
**Volumen requerido - 25%**

$$V3 = V1 - 25\% * V1$$

$$V3 = 230,4 \text{ litros} - 0,25 \times 230,4 \text{ litros}$$

$$V3 = 230,4 \text{ litros} - 57,6 \text{ litros}$$

$$V3 = 172,8 \text{ litros}$$



**Ilustración 4-2:** Volumen de agua (litros) requerido para los tratamientos 1, 2 y 3.

Realizado por: Naranjo Cinthia, 2024

**4.1.2. Tiempo de riego para cada tratamiento**

Tratamiento 1

$$\frac{1h}{x} \frac{70L}{230,4 Lt} = \frac{1 h \times 230,4Lt}{70 Lt} = 3,29h$$

$$T1 = 3,29h$$



Tratamiento 2

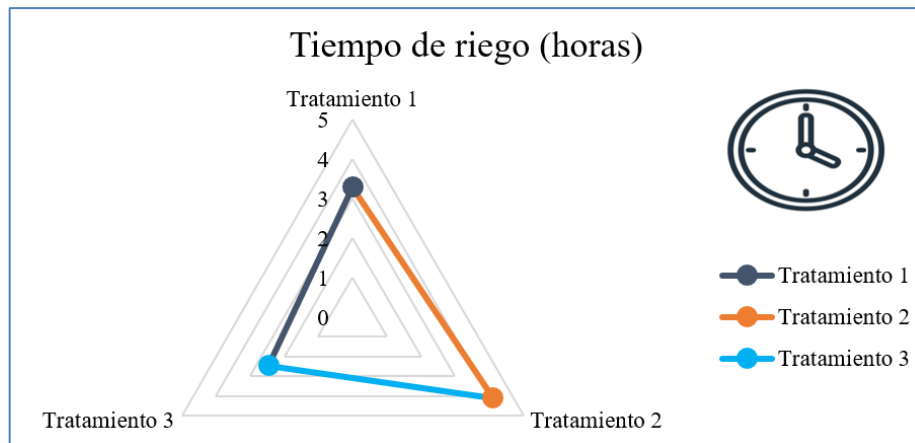
$$\frac{1h}{x} \frac{70L}{288 Lt} = \frac{1 h x 288 Lt}{70 Lt} = 4,11 h$$

$$T2 = 4,11 h$$

Tratamiento 3

$$\frac{1h}{x} \frac{70L}{172,8 Lt} = \frac{1 h x 172,8 Lt}{70 Lt} = 2,46 h$$

$$T3 = 2,46 h$$



**Ilustración 4 -3 :** Tiempo de riego requerido para los tratamientos 1, 2 y 3.

Realizado por: Naranjo Cinthia, 2024

**Tabla 4-7:** Volumen y tiempo de riego.

ID	Volumen	Tiempo de riego	Tiempo de riego por día	Horario de riego por día
Tratamiento 1	230,4 litros	3,29 h	3,29 h/7 días = 0,47 h/día 0,47/60 = 28,2 min	Mañana= 14 min Tarde =14 min
Tratamiento 2	288, 4litros	4,11 h	4,11 h/7 días = 0,58 h/día 0,58/60 = 34.8 min	Mañana = 17 min Tarde = 17 min
Tratamiento 3	172,8 litros	2,46 h	2,46 h/7 días = 0,35 h/día 0,35/60 = 21 min	Mañana = 11 min Tarde = 11 min

Realizado por: Naranjo Cinthia, 2024.

Para realizar el riego con los diferentes volúmenes de agua obtenidos se distribuyó para los 7 días de la semana estos riegos se aplicó en la mañana y en la tarde.

Para el tratamiento 1 que consta en el volumen requerido se obtuvo un tiempo de riego de 3,29 horas en donde el valor obtenido se lo dividió para los 7 días de la semana, obteniendo un valor de 47 h/día a este valor se multiplica para 60 minutos dividido para 1 obteniendo el valor de 28 minutos a este valor se le divide para 2 obteniendo un valor de 14 minutos este riego se lo realiza en la mañana y en la tarde.

Para el tratamiento 2 que consta en el volumen requerido + 25 % se obtuvo un tiempo de riego de 4,11 horas en donde el valor obtenido se lo dividió para los 7 días de la semana, obteniendo un valor de 58 h/día a este valor se multiplica para 60 minutos dividido para 1 obteniendo el valor de 34.8 minutos a este valor se le divide para 2 obteniendo un valor de 17 minutos este riego se lo realiza en la mañana y en la tarde.

Para el tratamiento 3 que consta en el volumen requerido – 25% se obtuvo un tiempo de riego de 2,46 horas en donde el valor obtenido se lo dividió para los 7 días de la semana, obteniendo un valor de 35 h/día a este valor se multiplica para 60 minutos dividido para 1 obteniendo el valor de 21 minutos a este valor se le divide para 2 obteniendo un valor de 11 minutos este riego se lo realiza en la mañana y en la tarde.

#### **4.2. Calidad nutricional de los lixiviados obtenidos a partir del lombricompost a base de estiércol de cuy**

La adecuada disponibilidad de los macronutrientes y micronutrientes son fundamental para el buen desarrollo de los cultivos agrícolas, estos nutrientes son importantes para el crecimiento de la planta, formación de clorofila e incluye en el aprovechamiento del nitrógeno. Se determinó la disponibilidad de nutrientes en dos etapas (intermedia y final) de la experimentación.

##### ***4.2.1. Características químicas de los lixiviados obtenidos a partir del lombricompost en base de estiércol de cuy***

Se determinó dos etapas para el análisis de las características químicas de los lixiviados obtenidos a partir del lombricompost en base de estiércol de cuy:

#### 4.2.1.1. Temperatura

Según la Tabla 4-2, en el análisis de la varianza para los promedios de temperatura de la materia orgánica, no se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 5,19.

**Tabla 4-8:** Análisis de varianza para promedios de la temperatura durante el ciclo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Repeticiones	6,57	2	3,29	2,83	0,1717	ns
Tratamientos	4,86	2	2,43	2,09	0,239	ns
Error	4,65	4	1,16			
Total	16,09	8				
CV	5,19					

**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:** Infoestat, 2024.

La temperatura de la materia orgánica en las camas de tratamiento fue de 20,31°C para el tratamiento V1 (Volumen de agua requerido), 21,83°C correspondiente al tratamiento V2 (Volumen de agua requerido + 25%) y 20,24°C para el tratamiento V3 (Volumen de agua requerido - 25%) (Anexo O), según el estudio realizado por Castro, (2022) donde realiza comparaciones para medir la efectividad del lombricompostaje entre tres tratamientos, siendo uno el estiércol de cuy, identificó que la temperatura osciló entre los 16 y 19,5°C, en el estudio realizado por Girón, (2020), cuyo foco de estudio fue identificar la composición mineral del lixiviado generado por la lombriz roja californiana en base a de estiércol de cuy, la temperatura de los módulos de lombricario osciló entre 23 ± 24 °C, dentro del rango óptimo de la lombriz roja californiana. para Ávila, (2010), una temperatura entre 18 a 25 grados centígrados es considerada óptima en un proceso de lombricompost, que conlleva el máximo rendimiento de las lombrices. Cuando la temperatura desciende por debajo de 15° C las lombrices entran en un período de latencia, disminuyendo su actividad. Las temperaturas fuera del rango mencionado reducen en cierta medida la ingesta de alimento y la actividad reproductiva de la lombriz (Cano, 2018).

#### 4.2.1.2. Humedad del sustrato

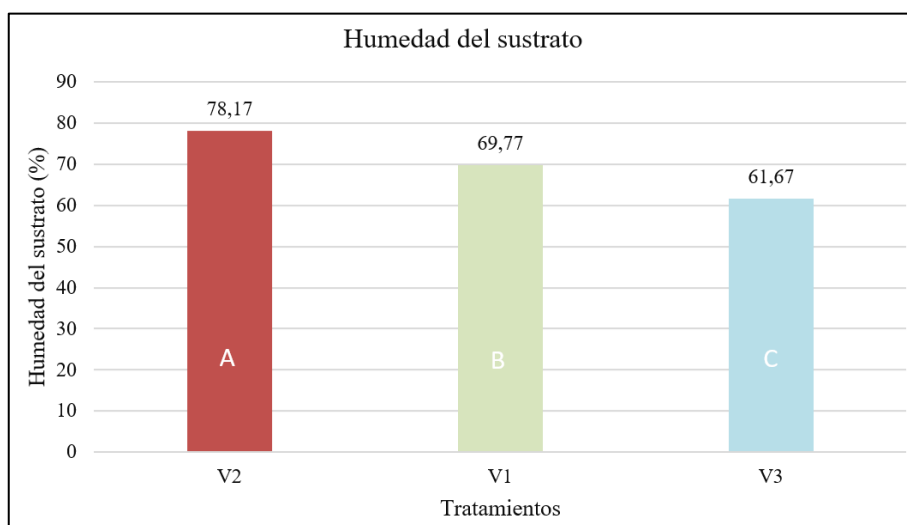
Según la Tabla 4-3, en el análisis de la varianza para los promedios de la humedad del sustrato, se obtuvo diferencias significativas entre los tres tratamientos, con un coeficiente de variación de 1,78.

**Tabla 4-9:** Análisis de varianza para promedios de la humedad del sustrato durante el ciclo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Repeticiones	1,15	2	0,58	0,37	0,7117	*
Tratamientos	408,58	2	204,29	131,37	0,0002	*
Error	6,22	4	1,56			
Total	415,96	8				
CV	1,78					

**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:** Infoestat, 2024.



**Ilustración 4-4:** Prueba de Tukey al 5% para promedios de humedad del sustrato durante el ciclo.

**Fuente:** Infoestat, 2024.

Según la Ilustración 4-4, la prueba de Tukey al 5% para promedios de humedad del sustrato durante el ciclo se observan tres grupos, en el grupo A con una media de 78,17% se ubica el tratamiento V2 (Volumen de agua requerido + 25%), el grupo B con una media de 69,77% se encuentra el tratamiento V1 (Volumen de agua requerido), y en tercer lugar correspondiente al grupo C con 61,67% correspondiente al tratamiento V3 (Volumen de agua requerido - 25%).

El mayor contenido de humedad 78,17% corresponde al tratamiento V2 (Volumen de agua requerido + 25%), esto no quiere decir que a mayor cantidad de agua ocurre más escurrimiento de nutrientes. Según el estudio realizado por Castro, (2022) donde realiza comparaciones para medir la efectividad del lombricompostaje entre tres tratamientos, siendo el estiércol de cuy, identificó que la humedad osciló entre los 60% y 77%, lo cual se relaciona con el estudio realizado, Barreno, (2007) menciona que el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60%. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir, se produciría una

putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. La humedad es un factor de mucha importancia que influye en la reproducción. Debe estar entre el 70 y 80%. Una humedad superior al 85 % hace que las lombrices entren en un período de latencia y se afecta la producción de vermicompost y la reproducción. Debajo de 70 % de humedad es una condición desfavorable. Niveles de humedad inferiores al 55 % son mortales para las lombrices (Ávila, 2010).

#### 4.2.1.3. pH del sustrato

Según la Tabla 4-4, en el análisis de la varianza para los promedios de pH del sustrato, no se obtuvo diferencias significativas (ns) en tratamientos, con un coeficiente de variación de 2,54.

**Tabla 4-10:** Análisis de varianza para promedios de pH del sustrato durante el ciclo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Repeticiones	0,05	2	0,03	0,96	0,4566	Ns
Tratamientos	0,19	2	0,1	3,61	0,127	Ns
Error	0,11	4	0,03			
Total	0,35	8				
CV	2,54					

**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:** Infoestat, 2024.

El pH de la materia orgánica para el tratamiento V1 (Volumen de agua requerido) correspondió a 6,22, para el tratamiento V2 (Volumen de agua requerido + 25%) fue de 6,58 y para el tercer tratamiento V3 (Volumen de agua requerido - 25%) el promedio corresponde a 6,39 (Anexo O). En el estudio realizado por Quishpe (2017), para la obtención de compost a partir de estiércol de cuy el pH osciló entre los 5.5 y 7.5, de lo cual el presente estudio se encuentra inmerso en ese rango, según Ávila, (2010), el pH influye en el proceso de lombricompost debido a su acción sobre organismos, la lombriz acepta sustratos con pH de 5 a 8.4, fuera de esta escala, la lombriz entra en una etapa de latencia. Para Somarriba (2004), el pH es un factor determinante para los procesos de lombricultura, es importante tener un PH comprendido entre 6.5 y 7.5 y siendo los valores óptimos que se encuentren entre 6.8 y 7.2 (Somarriba, 2004). En el estudio realizado por Murray et al., (2023), enfocado en la composición química de excremento entero, composta y lixiviado de la cama de cuyes, se pudo identificar que el pH de la materia orgánica osciló entre 6,93 y 7,03, lo cual es similar al estudio realizado. A un pH del inferior a 5.2 (ácidos), los nutrientes como el calcio, magnesio, nitrógeno, fósforo y boro pueden dejar de estar disponibles para las plantas, en suelos muy ácidos, el proceso de mineralización de la materia orgánica se ralentiza e

incluso puede detenerse por completo ya que la actividad microbiana disminuye en condiciones de pH bajo.

#### 4.2.1.4. Nitrógeno (N)

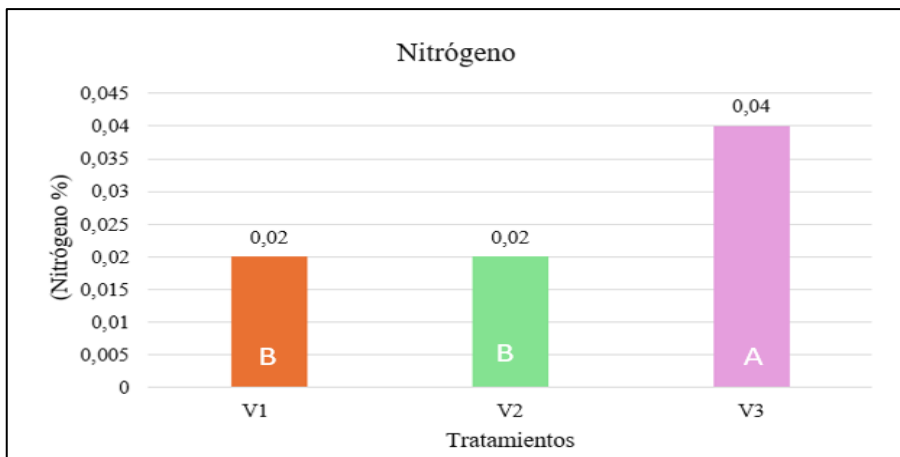
Según la Tabla 4-5, en el análisis de la varianza para los promedios de nitrógeno, no se obtuvo diferencias significativas (ns) entre el primer y tercer tratamiento, pero si se obtuvo diferencias significativas con el segundo tratamiento, con un coeficiente de variación de 8,36

**Tabla 4-11:** Análisis de varianza para promedios del nitrógeno del sustrato durante el ciclo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Repeticiones	0,000004	2	0,000002	0,48	0,653	Ns
Tratamientos	0,000960	2	0,000480	107,5	0,0003	*
Error	0,000018	4	0,000004			
Total	0,000980	8				
CV	8,36					

**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:** Infoestat, 2024.



**Ilustración 4-5:** Prueba de Tukey al 5% para promedios del nitrógeno durante el ciclo.

**Fuente:** Infoestat, 2024.

Según la Ilustración 4-5, la prueba de Tukey al 5% para promedios del nitrógeno del lixiviado durante el ciclo se observan dos grupos, en el grupo A con una media de 0,04% se ubica el tratamiento V3 (Volumen de agua requerido - 25%), el grupo B con una media de 0,02% corresponden al tratamiento V1 y V2 correspondiente al Volumen de agua requerido y Volumen de agua requerido + 25%, respectivamente, estos valores son inferiores a los resultados obtenidos por Murray et al., (2023), donde caracterizó la composición química del excremento entero,

composta y lixiviado de la cama de cuyes donde obtuvo un porcentaje de 1.84% de nitrógeno correspondiente a lixiviados, lo cual es superior a lo obtenido en los tres tratamientos del presente estudio. Según Vitra, (2020) el nitrógeno forma parte de las proteínas, enzimas y clorofila, por tanto, es esencial en los procesos de síntesis de proteínas y en la fotosíntesis, siendo más concretos entre sus funciones también destaca el aceleramiento de la división celular, y la elongación de las raíces, una planta con carencia de nitrógeno no podrá completar procesos metabólicos indispensables para su desarrollo. Chilon (1997), sostiene que el suministro de nitrógeno mediante lixiviados tiende a aumentar el crecimiento de la parte aérea de la planta de igual manera el fósforo presente permite el uso de dosis óptimo de fertilizante nitrogenado. López (1994), señala que el nitrógeno incrementa la altura de la planta. Asimismo, Ledesma (1990), menciona que el nitrógeno es sumamente importante para el desarrollo en longitud de las plantas, por tanto, existe mayor vigor vegetativo traduciéndose en el aumento de la velocidad de crecimiento. Para la FAO (1993), la aportación de elementos nutritivos en los cultivos crecerá bien y darán buenos rendimientos, el aprovechamiento eficaz de los nutrientes puede duplicar el rendimiento.

#### 4.2.1.5. Potasio (k)

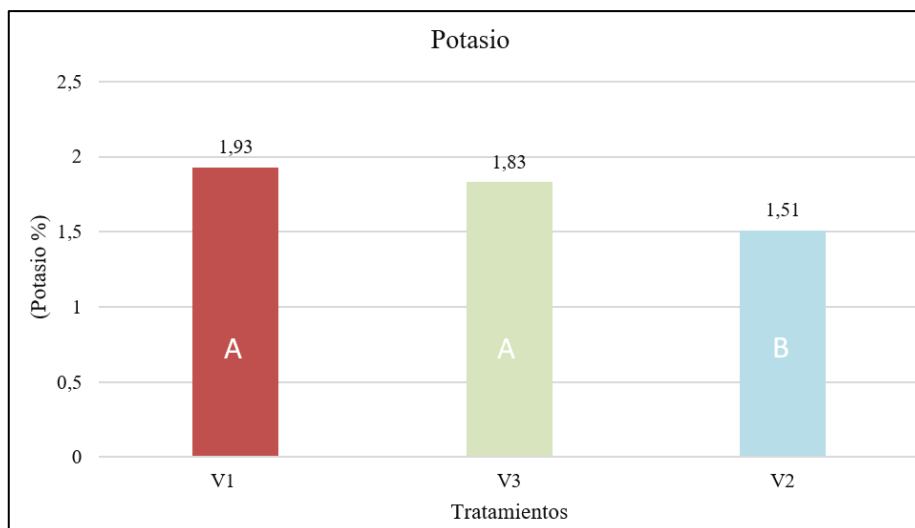
Según la Tabla 4-6, en el análisis de la varianza para los promedios del potasio, no se obtuvo diferencias significativas (ns) entre el primer y tercer tratamiento, pero si existió diferencia con el segundo tratamiento, con un coeficiente de variación de 2,06.

**Tabla 4-12:** Análisis de varianza para promedios del potasio del sustrato durante el ciclo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Repeticiones	0,02	2	0,01	5,83	0,0652	Ns
Tratamientos	0,29	2	0,14	109,58	0,0003	*
Error	0,01	4	1,30E-03			
Total	0,31	8				
CV	2,06					

**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:** Infoestat, 2024.



**Ilustración 4-5:** Prueba de Tukey al 5% para promedios el potasio durante el ciclo.

**Fuente:** Infoestat, 2024.

Según la Ilustración 4-5, la prueba de Tukey al 5% para promedios del potasio durante el ciclo se observan dos grupos, en el grupo A con una media de 1,93% y 1,83%, para el tratamiento V1 (Volumen de agua requerido) y V3 (Volumen de agua requerido - 25%) respectivamente, y el grupo B el tratamiento V2 (Volumen de agua requerido + 25%) con el 1,51%. En el estudio realizado por Quishpe (2017), para la obtención de compost a partir de estiércol de cuy, el potasio osciló entre los 0,3 y 0,7% de lo cual en el presente estudio se registraron datos superiores a los resultados obtenidos por Quishpe. Según Kaba et al., (2022) el potasio confiere a las plantas la capacidad de mantener el potencial osmótico y la turgencia de las células, y por lo tanto, este elemento es el mayor osmolito inorgánico que regula la función estomática; por lo que su disponibilidad puede mejorar la resistencia a la sequía y favorecer el intercambio gaseoso en las plantas. Por otro lado, se sabe que el K es un activador de enzimas esenciales para la fotosíntesis y la respiración, así como contribuyente al potencial osmótico de las células. (Jarma et al., 2010).

#### **4.3. Beneficio costo de lixiviados obtenidos a partir del lombricompost a base de estiércol de cuy.**

En la Tabla 4-7 se muestra el análisis económico de cada repetición o tratamiento, donde la mejor relación beneficio/costo se la obtuvo con el tratamiento T2, con un valor de 1,16. esto quiere decir que, por cada dólar invertido se recupera dicho dólar y se obtiene una ganancia de 16 centavos. Le sigue el tratamiento T1 con un valor de 0,99 cada uno. Contrariamente, los tratamientos T3 correspondientes a las dosis bajas de riego, no son rentables debido a que los costos de producción son igual a los ingresos percibidos por ventas y por ende se presenta una pérdida de dinero.



### 4.3.1. Costos de inversión

Para determinar los costos de inversión se tomaron en cuenta todos los gastos generados durante todas las etapas de la experimentación.

**Tabla 4-13:**Costos de inversión

<b>COSTO DE INVERSIÓN</b>				
Descripción	Cantidad	Unidad	Valor Unitario (USD)	Valor (USD)
<b>Materiales de campo</b>				
Tablas de monte	280	Unidad	1.40	392
Pingos	50	Unidad	1.00	50
Varengas	40	Paquete	1,10	44
Plástico negro	25	Metro	2,00	50
Plástico blanco	80	Metro	1.60	128
Clavos	8	Libra	1.40	11.20
Tachuelas	1	Caja	5.50	5.50
Manguera de tres cuartos	30	Metro	22.00	22.00
Neplo	9	Unidad	0.65	5.85
Malla	1	Unidad	1.30	1.30
Alambre para amarrar	1	Unidad	4.00	4.00
Tubos pvc de una pulgada	1	Unidad	12.00	12.00
Teflón	1	Unidad	3.50	3.50
Pega	1	Unidad	4.50	4.50
Codos	9	Unidad	1.10	9.90
Uniones	9	Unidad	0.35	3.15
Abracaderas	30	Unidad	0.40	12
Llaves	9	Unidad	1.30	11.70
Micro aspersores	9	Unidad	1.90	17.10
Baldes	9	Unidad	3.50	31.50
Ladrillos	30	Unidad	0.15	4.50
<b>Equipos de campo</b>				
Flexómetro	1	Unidad	5.00	5.00
Cámara fotográfica del celular	1	Unidad		
Peachímetro	1	Unidad	18.00	18.00
<b>Materiales y equipos de oficina</b>				
Hojas	1	Unitario	3.50	3.50
Cuaderno de apuntes	1	Unitario	1.30	1.30
<b>Insumos</b>				
Lombriz roja	18	kilos	5	90.00
Estiércol de cuy				
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 938.50</b>

Realizado por: Naranjo, C, 2024.

#### 4.3.2. Ingresos y relación beneficio costo

**Tabla 4-14:**Ingresos y relación beneficio costo

Tratamientos	Costo de inversión 50m2	Producción de lixiviado 50m2 (Lt)	Producción de lixiviados 1000 m2 (Lt)	RB/C
T1	\$ 938,50	58	1160	\$ 0,99
T2	\$ 938,50	68	1360	\$ 1,16
T3	\$ 938,50	43	956	\$ 0,81

Realizado por: Naranjo, C, 2024.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- El volumen de agua determinado para la obtención de lixiviados en el proceso de lombricompost, fue de 230,4 litros para lo cual se aplicó un tiempo de 3,29 h los mismos que fueron fraccionados en siete días con una aplicación de 28 minutos diarios de 14 minutos en la mañana y 14 minutos en la tarde.
- El tratamiento más representativo donde se puede presenciar mejor calidad del lixiviado corresponde al Tratamiento 1, donde se pudo identificar que tanto el N y K son superiores, el pH es neutro por lo cual asegura el desarrollo de la gran mayoría de microorganismos.
- Se obtuvo una relación Beneficio/Costo de 1,16 por lo que se concluye que los lixiviados de lombricompost a base de estiércol de cuy es económicamente rentable.

#### 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar el riego tecnificado en 230,4 litros ya que el agua se distribuye de forma homogénea y esto es favorable para las lombrices.
- Se recomienda utilizar con otro tipo de estiércol para alcanzar los niveles óptimos de marco y micronutrientes en los lixiviados.
- Continuar investigaciones de este tipo para promover una agricultura sostenible.

## **GLOSARIO**

**Montículo:** Monte pequeño natural o artificial, por lo común aislado hecho por el hombre. (López, 2012).

**Lixiviar:** Tratar una sustancia compleja, como un mineral, con un disolvente adecuado para separar sus partes solubles de las insolubles. (Jarma et al., 2010).

**Humus líquido:** Fertilizante orgánico mineral de calidad y de acción rápida y prolongada, que mejora la fertilidad del suelo, enriquece y favorece la absorción y asimilación de diferentes macronutrientes y minerales presentes en el suelo para mejorar el desarrollo vegetativo y productivo en la planta. (Somarriba, 2004).

**Lombriabono:** es el resultado de la transformación de los residuos orgánicos que realizan las lombrices al alimentarse. (Mosquera, 2010).

**Biotransformación:** es el proceso mediante el cual un organismo vivo modifica una sustancia química transformándola en otra diferente.

**Estivación:** Letargo o reducción drástica de la actividad durante la época de más calor del verano. Generalmente, los animales se mantienen resguardados en las horas más calurosas del día y salen a alimentarse en los momentos en que la temperatura desciende. Escobar, (2016),

**Humatos:** son un ingrediente clave para mejorar la salud del suelo, así como la nutrición de las plantas. Se logra una mayor producción y calidad en los rendimientos en muchas áreas agrícolas en todo el mundo. (Muñoz, 2015).

**Precompostaje:** acción de juntar los residuos frescos y secos en un lugar para utilizar y alimentar las lombrices. (Cadena, 2016).

**Latencia:** Cuando la temperatura desciende por debajo de 15°C las lombrices entran en un período de latencia, disminuyendo su actividad. Van dejando de reproducirse y crecer, y los espermátóforos no eclosionan. López (2008)

**Anaeróbico:** es el proceso mediante el cual las células liberan la energía contenida en los alimentos, en ausencia de oxígeno, en forma de ATP, liberando bióxido de carbono y moléculas de dos y tres átomos de carbono. (Orozco, 2018).



## BIBLIOGRAFÍA

1. **ACERO, C.** *Propuesta de tratamientos alternativos para residuos orgánico en el relleno sanitario carapacho, del municipio de Chiquinquirá–Boyacá.* [En línea]. 2021. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/4191>
2. **ACEVEDO, I. C; & PIRE, R.** *Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (Carica papaya L.).* Interciencia. 2004. 29: 274-279.
3. **ARAMENDY, R.** *Un glosario para el agroecologista.* [En línea]. 2015. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <http://cerai.org/wordpress/wp-content/uploads/2015/04/Un-Glosario-para-el-Agroecologista-Ra%C3%BA1-Aramendy.pdf>
4. **ÁVILA, B.** *Desarrollado en el tema de transferencia de la técnica de manejo y producción a base de pulpa de café, con pequeños caficultores de la Aldea Los Coles, San Pedro Necta, Huehuetenango.* [En línea]. 2010. Tesis Doctoral. Universidad de San Carlos de Guatemala. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7145/>
5. **AYETZA, C.** *El potencial bactericida de la lombriz roja californiana eisenia andrei.* [En línea]. 2002. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: [http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2953/Rivas\\_Garcia\\_Hugo\\_Armando.pdf?sequence=1](http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2953/Rivas_Garcia_Hugo_Armando.pdf?sequence=1)
6. **BARREROS E.** *Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (Cavia porcellus), enriquecido (Bachelor's thesis).* 2017.
7. **BELTRÁN, J.** *Lombricompost, uso y saberes para el mejoramiento de suelos en la Granja Agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios.* 2023, vol. 17, no 1. [En línea]. 2011. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/6238>
8. **BLASCO, D.** *El “pH” de los ácidos húmicos yácidos fulvicos.* [En línea]. 2011. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3681>
9. **BURBANO A.** *Efecto de aplicación de lixiviados de humus sobre el desarrollo y rendimiento de tomate larga vida bajo cubierta, en el municipio de Popayán sede UNAD.* 2019.

10. **CASTILLO, A.** *Producción de tres variedades de pepino (cucumis sativus l.) con la aplicación de lixiviados en el cantón La Maná.* Tesis de Licenciatura. Ecuador: La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). [En línea]. 2023. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11467>
11. **CERRATO, M; LEBLANC, H; & KAMEKO, C..** *Potencial de mineralización de nitrógeno de Bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth.* Tierra Trop. 2007. 3: 183-197.
12. **CÉSPEDES LEÓN, C.** *Manejo de la fertilidad del suelo.* Boletín INIA, XXX, 21-32. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chillán, Chile. 2010. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: [//biblioteca.inia.cl/medios/quilamapu/boletines/NR37206.pdf](http://biblioteca.inia.cl/medios/quilamapu/boletines/NR37206.pdf)
13. **CUADERNO DE NUESTRA FINCA.** *Proyectos de lombricultura* [En línea]. 2006. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/cnf-2006-p88-100.pdf>
14. **ESCOBAR, I.** *Costos I: clasificación de los sistemas de costos.* [En línea]. 2016. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.academia.edu/28347778/CLASIFICACION%20DE%20LOS%20SISTEMAS>
15. **ESTRADA, A.** *Efecto de diferentes abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de orégano (origanum vulgare) en el distrito de San Luis, Carlos Fermín Fitzcarrald, Ancash,* [En línea]. 2019. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4476>
16. **FACULTAD DE ECONOMIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ADMINISTRACION DE MEXICO.** *Estudio técnico.* [En línea]. 2012. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <http://www.economia.unam.mx/secss/docs/tesisfe/GomezAM/cap2a.pdf>
17. **FIGUEROA, V; FLORES O; & PALOMO, M.** *Uso de biosólidos en suelos agrícolas.* Folleto Técnico 3. Campo Experimental Valle de Juárez-Centro de Investigación Regional Norte Centro-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Chihuahua, México. 2002.

18. **FORTIS, H; LEOS R, H; ORONA C; GARCÍA H; SALAZAR, P; PRECIADO R; OROZCO, V; & SEGURA, C.** *Uso de estiércol en la Comarca Lagunera*. 2009. pp. 104-127.
19. **GAETE, H.** *Evaluación de la toxicidad de cobre en suelos a través de biomarcadores de estrés oxidativo en Eisenia foetida*. *Química Nova*, 2010, vol. 33, p. 566-570.
20. **GAETE, L.** *Manual de diseño de sistemas de riego tecnificado*. [En línea] 2001. Disponible en: <http://dspace.usalca.cl/handle/1950/2046>
21. **GARCÍA, M.** Rentabilidad y rendimiento agronómico de lechuga acuapónica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. [En línea]. 2021, [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2942>
22. **GARRIDO G.** *Efecto de catorce sustratos para la producción de humus de lombriz roja (Eisenia foetida)*. [En línea]. 2019. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <http://181.176.159.234/handle/20.500.14292/1075>
23. **GOMEZ, A.** *Estudio Financiero*. [En línea]. 2012. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <http://www.economia.unam.mx/secss/docs/tesisfe/GomezAM/cap3.pdf>
24. **GORDILLO, F.** “*Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros*”. [En línea]. 2011. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9112/1/Evaluaci%C3%B3n%20Comparativa%20de%20la%20calidad%20del%20compost.pdf>
25. **GUTIÉRREZ F; GARCÍA R; ROSALES, R; ABUD, M; ANGELA, O; CRUZ, M; & DENDOOVEN, L.** *Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) using vermicompost leachate*. *Bioresource technology*. 2008. 99(14): 6174-6180.
26. **HEDEGAARD, M.** *Aprendizaje y cognición situados: aprendizaje teórico y cognición. Mente, cultura y actividad*. [En línea]. 1998 [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/132/13208604.pdf>



27. **HIDALGO, B.** *Aplicación de la técnica didáctica y uso de un manual de Horticultura, desde una visión cristiana y humanista para mejorar el aprendizaje de los estudiantes del Centro de Educación Técnico-Productiva-Recuay*, [En línea]. 2019. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/887>
28. **HORTICULTURA.** *Leonardita la lucha contra la mineralización del suelo*. [En línea]. 2007 [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Hort%2FHort\\_1990\\_62\\_124\\_126.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort%2FHort_1990_62_124_126.pdf)
29. **INIFAB.** *Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos*. [En línea]. 2021. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737316/15\\_Lixiviado\\_de\\_lombriz.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737316/15_Lixiviado_de_lombriz.pdf)
30. **JHORAR, B.** Kinetics of composting rice straw with glue waste at different C/N ratios in a semiarid environment. *Arid Soil Rest.* [En línea]. 1991. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15324989109381289>
31. **JIMÉNEZ, W.** *Contabilidad de Costos, reimpresso. Bogotá: Fundación para la educación Superior San Mateo*. 2015
32. **LEÓN, A.** *Manual de lombricultura en casa. Guadalajara*. [En línea]. 2013. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: [https://scholar.google.es/scholar?q=related:mHJ9hsiXhqUJ:scholar.google.com/&scioq=Le%20C3%B3n+Castro,+A.+F.+\(2013\).+manual+de+lombricultura+en+casa.+Guadalajara.&hl=es&as\\_sdt=0,5](https://scholar.google.es/scholar?q=related:mHJ9hsiXhqUJ:scholar.google.com/&scioq=Le%20C3%B3n+Castro,+A.+F.+(2013).+manual+de+lombricultura+en+casa.+Guadalajara.&hl=es&as_sdt=0,5)
33. **LEY ORGÁNICA DE AGROBIODIVERSIDAD, SEMILLAS Y FOMENTO DE LA AGRICULTURA SUSTENTABLE** [En línea]. 2017. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://181.198.35.98/Archivos/OVIEDO%20SARANGO%20KENYA%20MARILYN.pdf>
34. **LITTERICK, A; HARRIER, L; WALLACE, P; WATSON, C; & WOOD, M.** The role of uncomposted materials, composts, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production A Review. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2004 23(6):453-479.

35. **LÓPEZ, J.** *Efecto de las diferentes dosis de humus líquido sobre el crecimiento y desarrollo de posturas de café (coffea arábica. L.) En un vivero temporal de esta especie* Autores e información del artículo. [En línea]. 2017. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2017/05/vivero-cafe-cuba.zip>
36. **LUNA, L.** *Producción de abonos orgánicos de buena calidad. Corpoica, Produmedios, Bogotá*, pp. 6 – 25, [En línea]. 2007. [Consulta: 10 noviembre 2023].
37. **MACNEIL, C.** Desmitificación del análisis de costo-beneficio: 5 pasos para tomar mejores decisiones. 2022. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://jaimedv.com/eco/4c1-cba/gines-de-rus--cost-benefit-analysis--book.pdf>
38. **MANCILLA, D.** *Rendimiento y valor nutricional de Azolla filiculoides fertilizada con estiércol de cuy en Arbiato, Cochabamba. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, vol. 9, no 2, p. 7-14. [En línea]. 2022, [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182022000200007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182022000200007&script=sci_arttext)
39. **MÁRQUEZ, C.** Uso del Valor actual Neto, tasa Interna de retorno y relación Beneficio-coste en la evaluación financiera *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 56(1), 052-057. [En línea]. 2015. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3731/373140822008.pdf>
40. **MARQUEZ, P.** Factores que afectan al proceso de Compostaje. [En línea]. 2003 [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
41. **MEDINA, M. C. & P. CANO R.** *Contaminación por nitratos en agua, suelo y cultivos de la Comarca Lagunera*. Rev. Chapingo Ser. Zonas Áridas. 2001. 2: 9-14.
42. **MEJÍA L.** *Abono orgánico: Manejo y uso en el cultivo de cacao*. [En línea]. 2002. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: [http://www.turipana.org.co/abono\\_cacao.htm](http://www.turipana.org.co/abono_cacao.htm) [10 Abr, 2009].

43. **MONTOYA, L.** *La distribución de costos indirectos de fabricación, factor clave al costear productos. Scientia et technica.* [En línea]. 2010. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249014.pdf>
44. **MORA, A.** *Diseño de un sistema de producción de abono orgánico a partir de residuos frutales en la bananera Banorch Cía. Ltda.* Tesis Doctoral. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial. [En línea]. 2021. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51851>
45. **MOSQUERA, B.** *Abonos Organicos Protegen el suelo y garantizan alimentacion sana. Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas organicos.* (N. Puente, Ed.) USAID. 2010. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: [http://www.academia.edu/11059524/Abonos\\_organicos](http://www.academia.edu/11059524/Abonos_organicos)
46. **MUÑOZ, M.** *Contabilidad de costos para la gestión administrativa.* 2017.
47. **MUÑOZ, R.** *Modelo de fijación de precios para productos de protección solar de interior y exterior, incluyendo Cortinas Roller, Toldos y Persianas.* 2022.
48. **ORTEGA, C.** *Respuesta de la palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) a la aplicación de sustancias húmicas de leonardita y un bioestimulante.* Tesis de Grado. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador. [En línea]. 2015. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1a4e9f78-0a4b-47b0-8b6e-3a8e4bb2c860/content>
49. **OSORIO, D.** *Abonos, lombricultura y compostaje. Grupo Latino LTDA, Bogotá, pp. 6 - 14,* 2003.
50. **OVIEDO, Y.** *Compostaje y lombricultivo.* [En línea]. 2022. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en [https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/materiales\\_didacticos/Compostaje/](https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/Compostaje/)
51. **PACO, G.** *Efecto de la Lombriz Roja Californiana (Eisenia foetida) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. Journal of the Selva Andina Research Society.* [En línea]. 2011. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942011000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942011000200004&script=sci_arttext)

52. **PANTOJA, R.** *Desarrollo de un proceso eficaz y eficiente para el desposte industrial de cuyes*. 2014. Tesis de Licenciatura. QUITO, [En línea]. 2014. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7413>
53. **PINEDA, J.** *Lombricultura, Instituto Hondureño del Café; 1ª Edición, UAO-PASOLAC-Honduras ED. Litografía López SRL. Tegucigalpa-Honduras*, [En línea]. 2006. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: [https://scholar.google.es/scholar?cluster=11005965947960159887&hl=es&as\\_sdt=2005&sciodt=0,5](https://scholar.google.es/scholar?cluster=11005965947960159887&hl=es&as_sdt=2005&sciodt=0,5)
54. **RAMÍRE, Z.** Disparidades salariales y la tasa interna de retorno a la educación privada en los docentes de la Universidad del Cauca. *Civilizar Ciencias Sociales y Humanas*. [En línea]. 2015, [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-89532015000100012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-89532015000100012&script=sci_arttext)
55. **RESTREPO, J.** *Utilización de residuos orgánicos en la agricultura*. [En línea]. 2014. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: FIDAR/ODACIAT. Cali-Colombia. 20 p
56. **RESTREPO, M.** *Utilización de los residuos orgánicos en la agricultura*. [En línea]. 2014. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/56825/Residuos\\_Organicos\\_Agricultura\\_FIDAR.pdf?sequence=1](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/56825/Residuos_Organicos_Agricultura_FIDAR.pdf?sequence=1)
57. **RIPPY, J; PEET, F; LOUWS, P; NELSON, D; ORR, & SORENSEN, K.** *Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems*. Hortscience. 2004 39: 223-229.
58. **ROBALINO, L. M.** *Tungurahua es la segunda provincia en producción de cuy y Cevallos tiene la feria de mayor comercio de este mamífero*. 2018. Gob.ec. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.cevallos.gob.ec/index.php/2014-04-24-20-23-44/destacados/154-tungurahua-es-la-segunda-provincia-en-produccion-de-cuy-y-cevallos-tiene-la-feria-de-mayor-comercio-de-este-mamifero>

59. **RODRÍGUEZ, R.** Costos directos de atención médica en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 en México: análisis de microcosteo. *Revista panamericana de salud pública*, [En línea]. 2010. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.scielosp.org/pdf/rpsp/v28n6/v28n6a02.pdf>
60. **RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, P; ÁLVAREZ, M; & BATISTA, I.** *Impacto del estiércol ovino y del lixiviado de humus de lombriz en indicadores del crecimiento y productividad en el cultivo del pimiento (Capsicum annum L.)*. *Ciencia en su PC*. 2020. 1, 46-59.
61. **RUIZ, M.** *Taller de elaboración de lombricomposta: porque tener lombrices nos beneficia a todos*. [En línea]. 2011. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: [https://ri.iberomx/bitstream/handle/iberomx/2501/RMR\\_Lib\\_01.pdf?sequence=1](https://ri.iberomx/bitstream/handle/iberomx/2501/RMR_Lib_01.pdf?sequence=1)
62. **RUIZ, M.** *Taller de elaboración de lombricomposta: porque tener lombrices nos beneficia a todos*. [En línea]. 2011. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://iberomx/web/filesd/publicaciones/taller-de-lombricomposta.pdf>
63. **SANTIAG, E.** *Optimización del proceso de extracción de sustancias húmicas a partir de estiércol de ganado vacuno*. [En línea]. 2017. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://rein.umcc.cu/handle/123456789/1104>
64. **SCHEUERELL, S.** *Variability associated with suppression of gray mold (Botrytis cinerea) on geranium by foliar applications of nonaerated and aerated compost teas*. *Plant disease*, vol. 90, no 9, p. 1201-1208. [En línea]. 2006. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/436/43652987003/html/>
65. **SERRATO, S; ORTIZ, A; LÓPEZ; & BERÚMEN, P.** *Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México*. *Terra*. 2002. 20: 329-336.
66. **SINHA, R; AGARWAL, K; CHAUHAN; & VALANI, D.** *The wonders of the earthworms and its vermicompost in farm production: Charles Darwin's 'friend of farmers', with potential to replace destructive chemical fertilizers from agriculture*. *Agric. Sci*. 2010. 1:76-94.
67. **SINHA, R; HERAT, S; VALANI, D; & CHAUHAN, K.** *Vermiculture and sustainable agriculture*. *Am. Euras. J. Agric. Environ. Sci*. 2009. 3: 1-55.

68. **SOMARRIBA, R.** *Análisis de la influencia de la cachaza de caña y estiércol bovino como sustrato de la lombriz roja californiana para producción de humus.* [En línea]. 2004. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/775/1/tnf04s693.pdf>
69. **TORRES CX.** *Manual agropecuario: Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente Tomo II.* Disponible en: Fundación Hogares Juveniles Campesinos, Bogotá, pp. 481 – 502. 2002.
70. **VELÁSQUE, M.** Evaluación del rendimiento de producción de biogás comparando el estiércol de vacuno, de cuy y residuos de leguminosas en un biodigestor anaerobio en la UAP-Arequipa [En línea]. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: 2017. <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/8269>
71. **VILLALBA, C.** Gestión y costos de producción: Balances y perspectivas. *Revista de Ciencias Sociales.* [En línea]. 2021. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7817700>
72. **YAÑIQUEZ, E.** *Contabilidad de costos.* 2015. Tesis Doctoral.
73. **WANDER, M.** Soil Organic Matter Fractions and Their Relevance to Soil Function. *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture.* 3:67-102. [En línea]. 2004. [Consulta: 25 febrero 2024]. <https://revistas.unheval.edu.pe/index.php/reina/article/view/1381/1424>
74. **MINASNY, B; MCBRATNEY, A; BROUGH, D; & JACQUIER, D.** Models relating soil pH measurements in water and calcium chloride that incorporate electrolyte concentration, *European Journal of Soil Science*, vol. 62, n.o 5, págs. 728-732, oct. [En línea]. 2011. [Consulta: 25 febrero 2024]. <https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2389.2011.01386.x>
75. **RIVERA, P.** Dinámica de hierro y zinc aplicados en soluciones ácidas a suelos calcáreos. *Terra latinoamericana*, 2003, vol. 21, no 3, p. 341-350. [Consulta: 25 febrero 2024]. <https://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/573/57321305.pdf>

76. **BORIS ARIEL, B.** Desarrollado en el tema de transferencia de la técnica de manejo y producción a base de pulpa de café, con pequeños caficultores de la Aldea Los Coles, San Pedro Necta, Huehuetenango. 2010. Tesis Doctoral. Universidad de San Carlos de Guatemala.
77. **SOMARRIBA, R.; GUZMÁN, F.** Guía de lombricultura. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 2004.
78. **GIRÓN, N; & LÓPEZ HURTADO, M.** Selección de tecnologías LPWAN para la implementación de un sistema aplicado a la lombricultura. 2020. Memorias. <https://bit.ly/3xqUfIR>
79. **CANO, B.** Incidencia del cambio climático en la sobrevivencia de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) simulando el factor temperatura en el suelo mediante radiación infrarroja, Lima Perú, 2018. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/20195>
80. **CASTRO, E.** Determinación de la efectividad del lombricompostaje en la estabilización de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín. 2022.

## ANEXOS

### ANEXO A: SELECCIÓN DE TERRENO



### ANEXO B: ADECUACIÓN DEL TERRENO





### ANEXO C: CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA



### ANEXO D: CUBRIMIENTO DE LA ESTRUCTURA



**ANEXO E: ADECUACIÓN DE LAS CAMAS PARA LOS TRATAMIENTOS**



**ANEXO F: INSTALACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO**



### **ANEXO G: APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL DE CUY**



### **ANEXO H: HOMOGENIZACIÓN DE ESTIÉRCOL DE CUY**



## ANEXO I: IMPLEMENTACIÓN DE SARÁN EN LAS CAMAS



## ANEXO J: RIEGO TECNIFICADO



## ANEXO K: IMPLEMENTACIÓN DE LOMBRICES



## ANEXO L: MEDICIÓN DE PARÁMETROS



## ANEXO M: RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS



## ANEXO N: TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS DIARIOS

FECHA	T1R1 (riego normal)		T1R2(25%)		T1R3(25%)		T2R1 (riego normal)		T2R2(25%)		T2R3(25%)		T3R1 (riego normal)		T3R2(25%)		T3R3(25%)										
	T*	Ph	T*	Ph	T*	Ph	T*	Ph	T*	Ph	T*	Ph	T*	Ph	T*	Ph	T*	Ph									
01/12/2023	19.5	50	6.06	18.1	50	6.1	20.3	70	6.5	19.8	60	6.8	17.3	53	6.3	20.8	70	6.5	19.8	61	6.1	18	55	6.4	20.5	70	6.6
02/12/2023	19.3	56	6.04	18.5	53	6.4	20.8	72	6.5	19.8	62	6.1	17.5	55	6.4	20.8	73	6.4	19.7	63	6.9	18.1	57	6.5	20.8	78	6.7
03/12/2023	18.8	67	6.03	17.5	55	6.7	20.5	75	6.7	19.5	60	5.13	17.7	57	6.7	20.7	75	6.9	19.8	65	6.11	18.3	63	6.6	20.7	77	6.4
04/12/2023	18.8	60	6.06	17.1	57	6.5	20.7	77	6.1	19.5	62	5.15	17.9	55	6.5	20.3	73	6.2	19.3	66	6.13	18.7	52	6.3	20.5	75	6.4
05/12/2023	17.8	82	5.92	17.3	50	6.3	21	78	6.14	19.7	64	5.18	17.7	57	6.5	20.3	75	6.21	19.8	69	6.15	19.3	50	6.2	20.2	73	6.8
06/12/2023	17.5	85	6.01	16.8	58	6.6	21.2	80	6.18	19.7	62	5.21	17.8	53	6.9	20.5	74	6.25	19.9	67	6.1	18.7	51	6.7	20.6	73	6.8
07/12/2023	17.9	69	5.12	17.1	60	6.9	20.8	77	6.21	19.9	60	5.23	17.9	57	6.5	20.5	79	6.23	19.9	65	6.11	18.6	55	6.9	20.9	71	6.7
08/12/2023	18.3	66	5.16	17.5	62	6.2	20.5	75	6.21	19.9	61	5.27	17.8	55	6.5	20.7	78	6.21	19.7	62	6.13	18.5	57	6.7	20.8	71	6.7
09/12/2023	18.1	63	5.21	18.1	60	6.3	20.1	78	6.2	18.9	64	5.27	18.1	53	6.8	20.9	76	6.26	19.6	60	6.15	18.7	59	6.5	20.5	70	6.6
10/12/2023	18.7	58	5.25	17.7	54	6.8	21.5	80	6.2	18.7	64	5.32	18.3	58	6.1	20.5	76	6.29	19.4	61	6.17	18.9	57	6.3	20.7	70	6.6
11/12/2023	18.9	69	5.18	17.7	57	6.1	21.8	80	6.22	18.7	66	5.32	18.6	57	6.12	20.8	75	6.27	19.7	63	6.21	19.8	54	6.9	20.6	73	6.5
12/12/2023	19.1	58	5.15	17.8	58	6.1	21.5	78	6.22	18.9	64	5.36	18.7	55	6.14	20.9	76	6.29	19.6	66	6.23	18.6	55	6.1	20.3	75	6.4
13/12/2023	19.4	55	5.13	18.4	58	6.11	21.2	78	6.25	18.9	63	5.36	18.7	56	6.16	21.1	73	6.32	19.8	65	6.25	18.3	53	6.11	20.6	78	6.8
14/12/2023	19.7	53	5.17	19.2	56	6.13	20.8	74	6.25	19.2	61	5.39	18.9	59	6.15	21.6	75	6.35	19.8	63	6.21	19.5	51	6.33	20.8	76	6.9
15/12/2023	19.8	57	5.2	18.4	56	6.13	20.5	75	6.27	19.5	60	5.39	18.3	60	6.17	21.3	74	6.37	19.9	66	6.22	18.5	50	6.1	20.9	74	7.1
16/12/2023	19.9	59	5.25	17.3	59	6.11	20.8	77	6.27	19.5	60	5.42	18.6	61	6.19	21.1	79	6.39	20.1	65	6.23	18.9	52	6.12	21.1	72	7.3
17/12/2023	19.5	61	5.36	17.6	60	6.11	20.6	74	6.3	19.3	63	5.47	18.6	63	6.21	21.5	76	6.35	20.3	62	6.25	18.9	55	6.34	21.5	71	7.0
18/12/2023	18.6	63	5.4	17.6	62	6.15	21.1	74	6.3	19.1	67	5.5	17.7	63	6.2	21.7	79	6.37	20.5	62	6.27	19.1	58	6.16	21.2	70	7.14
18/12/2023	18.9	66	5.42	17.9	63	6.17	21.5	78	6.34	19.6	69	5.51	18.6	65	6.22	21.9	79	6.41	20.7	60	6.25	19.2	57	6.16	21.7	70	7.13
20/12/2023	18.5	69	5.55	18.2	66	6.17	21.8	78	6.34	19.6	69	5.53	18.9	65	6.25	21.8	76	6.43	20.5	61	6.27	19.5	54	6.33	21.9	74	7.11
21/12/2023	18.8	70	5.6	18.5	61	6.19	21.7	78	6.35	19.8	70	5.55	18.7	67	6.24	21.8	76	6.47	20.7	65	6.29	19.6	60	6.18	21.6	76	6.8
22/12/2023	18.1	73	5.45	18.3	58	6.19	21.8	81	6.37	19.9	71	5.51	18.9	67	6.27	21.7	78	6.45	20.4	65	6.31	19.4	62	6.21	21.9	78	6.15
23/12/2023	19.6	75	5.68	18.3	58	6.21	21.8	81	6.37	19.8	69	5.53	18.9	64	6.25	21.6	78	6.42	20.2	66	6.33	19.7	69	6.17	21.7	79	6.17
24/12/2023	19.4	69	5.63	18.5	64	6.21	21.4	84	6.35	19.8	70	5.57	18.7	63	6.29	21.7	80	6.44	20.5	67	6.36	19.9	67	6.23	21.5	80	6.13
25/12/2023	19.2	78	5.72	18.5	64	6.24	21.4	84	6.35	19.7	73	5.57	18.9	65	6.31	21.8	80	6.49	20.7	69	6.37	19.5	69	6.21	21.5	87	6.14
26/12/2023	19.6	68	5.77	18.8	62	6.24	21.7	79	6.39	19.6	76	5.6	18.7	67	6.3	21.8	83	6.5	20.8	65	6.35	19.9	65	6.18	21.9	89	6.11
27/12/2023	19.9	71	5.77	18.8	62	6.27	21.7	79	6.39	19.6	79	5.8	18.9	68	6.31	21.6	85	6.53	20.7	67	6.33	19.5	64	6.16	21.9	87	6.11
28/12/2023	19.7	74	5.83	19.1	65	6.27	21.8	83	6.37	19.9	80	5.83	19.1	68	6.33	21.9	88	6.57	20.7	65	6.37	19.8	61	6.19	22.1	83	6.35
29/12/2023	18.9	77	5.85	19.3	67	6.3	21.7	77	6.43	19.9	67	5.87	19.3	63	6.35	21.9	86	6.54	20.8	66	6.37	20.1	60	6.1	22.3	88	6.13
30/12/2023	19.8	75	5.8	19.6	59	6.3	21.7	79	6.47	19.8	66	5.91	19.6	61	6.38	22	84	6.55	20.9	69	6.39	20.3	62	6.12	22.5	87	6.15
31/12/2023	19.1	79	5.8	19.7	60	6.31	21.8	80	6.47	19.9	69	5.93	19.6	63	6.39	22.1	88	6.59	21.3	62	6.42	20.6	54	6.13	22.7	83	6.38
01/01/2024	19.5	69	5.65	19.7	61	6.31	22	81	6.5	19.6	65	5.97	19.7	62	6.37	22.3	82	6.62	21.5	70	6.4	20.7	67	6.17	22.9	89	6.21
02/01/2024	20.3	70	5.68	19.5	63	6.34	22.1	85	6.5	19.3	69	6.1	19.7	64	6.38	22.5	80	6.64	21.5	73	6.45	20.5	69	6.16	22.8	87	6.24
03/01/2024	20.3	73	5.71	19.3	63	6.34	22.4	85	6.51	19.5	71	6.05	19.5	67	6.4	22.4	79	6.67	21.3	75	6.47	20.7	68	6.14	23.7	86	6.27
04/01/2024	20.5	75	5.73	19.3	67	6.3	22.7	83	6.51	19.5	73	6.18	19.9	69	6.41	22.6	77	6.65	21.3	77	6.44	20.3	62	6.17	22.4	83	6.29
05/01/2024	20.7	79	5.77	18.9	67	6.31	22.7	83	6.5	19.3	77	6.21	18.7	67	6.43	22.9	73	6.83	21.5	79	6.41	20.8	61	6.15	22.3	82	6.31
06/01/2024	20.9	69	5.8	18.9	65	6.34	22.8	80	6.5	19.6	74	6.25	18.6	64	6.46	22.8	71	6.81	21.5	76	6.47	20.6	64	6.19	22.8	80	6.35
07/01/2024	20.9	66	5.82	18.6	65	6.34	22.6	80	6.53	19.8	73	6.28	18.6	66	6.42	22.3	73	6.84	21.3	77	6.49	20.3	67	6.2	22.7	79	6.33
08/01/2024	20.5	65	5.86	18.6	62	6.37	22.8	79	6.53	19.8	73	6.31	18.6	65	6.44	22.6	78	6.87	21.3	75	6.48	20.6	68	6.21	22.5	76	6.31
09/01/2024	20.8	68	5.89	18.8	62	6.37	21.9	79	6.57	20	70	6.35	18.9	68	6.47	22.5	75	6.6	21.6	73	6.44	20.8	69	6.23	22.6	77	6.29
10/01/2024	18.7	69	6.02	18.8	59	6.35	21.6	77	6.57	20.3	70	6.38	18.9	65	6.45	22.2	79	6.59	21.6	72	6.42	20.8	59	6.25	22.9	74	6.32
11/01/2024	19.8	69	6.04	19.1	58	6.36	21.7	77	6.55	20.6	73	6.4	18.9	63	6.49	22.4	74	6.57	21.4	70	6.45	21	56	6.25	22.7	73	6.36
12/01/2024	20.1	71	6.08	19.1	58	6.39	21.3	75	6.55	20.8	73	6.43	18.7	61	6.48	22.4	73	6.53	21.4	72	6.47	21.1	58	6.23	22.5	72	6.33
13/01/2024	20.3	72	6.1	19.3	64	6.39	21.6	75	6.59	20.4	75	6.47	18.7	61	6.49	22.1	71	6.51	21.5	70	6.49	21.3	59	6.21	22.3	70	6.41
14/01/2024	20.6	76	6.13	19.3	64	6.37	21.6	72	6.59	20.7	75	6.5	18.9	59	6.5	22.3	74	6.53	21.3	71	6.5	21.4	57	6.28	22.8	73	6.43
15/01/2024	20.6	79	6.16	19.3	65	6.37	21.9	72	6.65	20.9	77	6.52	18.8	57	6.52	22.6	76	6.55	21.6	73	6.51	21.5	56	6.29	22.8	75	6.45
16/01/2024	20.5	75	6.16	19.7	65	6.39	21.9	70	6.55	20.8	77	6.55	19.3	58	6.55	22.9	79	6.58	21.6	75	6.53	21.7	60	6.29	22.3	77	6.47
17/01/2024	20.3	70	6.19	19.5	59	6.39	22	70	6.57	20.6	79	6.59	19.5	57	6.53	22.9	80	6.59	21.8	77	6.53	21.9	62	6.27	22.3	79	6.49
18/01/2024	19.8	73	6.23	19.7	59	6.4	21.1	70	6.57	20	78	6.59	19.3	53	6.51	21.8	81	6.57	21.7	79	6.56	21.5	66	6.25	22.4	79	6.

**ANEXO O: TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS POR TRATAMIENTO OBTENIDOS EN EL EXPERIMENTO.**

<b>Datos del ensayo</b>				
<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Humedad</b>	<b>Ph</b>
Riego normal V1	1	19,67	69,05	5,96
Riego normal V1	2	19,92	69,43	6,24
Riego normal V1	3	21,33	70,83	6,46
Riego normal - 25%	1	18,86	60,30	6,39
Riego normal - 25%	2	19,10	62,63	6,49
Riego normal - 25%	3	22,77	62,07	6,28
Riego normal + 25%	1	21,73	78,88	6,52
Riego normal + 25%	2	21,88	78,79	6,56
Riego normal + 25%	3	21,89	76,84	6,65

Realizado por: Naranjo, C, 2024.

**ANEXO P: TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS POR TRATAMIENTO OBTENIDOS EN EL LABORATORIO – ETAPA UNO.**

<b>Análisis de laboratorio etapa uno</b>										
<b>Ph1</b>	<b>CE1</b>	<b>MO1</b>	<b>N1</b>	<b>P1</b>	<b>K1</b>	<b>Ca1</b>	<b>Mg1</b>	<b>Fe1</b>	<b>Zn1</b>	<b>Mn1</b>
8,62	10,02	15,38	0,01	0,06	2,73	0,7	0,56	0,007	0,0006	0,00049
9,04	11,84	15,38	0,01	0,05	2,61	0,74	0,56	0,005	0,0004	0,00035
9,34	20,3	21,87	0,04	0,04	2,5	0,66	0,56	0,0041	0,0003	0,00034
9,35	19,57	20,69	0,02	0,05	2,47	0,63	0,56	0,0025	0,0004	0,00022
9,42	17,13	20,83	0,05	0,05	1,97	0,58	0,56	0,0059	0,0005	0,00026
8,48	10,66	20	0,03	0,04	2	0,65	0,56	0,0045	0,0005	0,00044
8,33	9,64	23,08	0,01	0,05	1,86	0,68	0,56	0,0034	0,0004	0,00034
8,8	21,4	21,88	0,01	0,05	2,2	0,55	0,56	0,0053	0,0005	0,00023
8,58	13,35	20	0,01	0,05	2,77	0,71	0,56	0,0066	0,0007	0,00037

Realizado por: Naranjo, C, 2024.

**ANEXO Q: TABLA DE ANÁLISIS DE DATOS POR TRATAMIENTO OBTENIDOS EN EL LABORATORIO – ETAPA DOS.**

<b>Análisis del laboratorio etapa dos</b>									
<b>PH2</b>	<b>CE2</b>	<b>N2</b>	<b>P2</b>	<b>K2</b>	<b>Ca2</b>	<b>Mg2</b>	<b>Fe2</b>	<b>Zn2</b>	<b>Mn2</b>
8,13	8,13	0,016	0,057	1,98	0,73	0,59	0,0075	0,0007	0,00052
8,56	9,24	0,015	0,051	1,95	0,74	0,51	0,0066	0,0006	0,00039
9,08	16,12	0,018	0,049	1,87	0,7	0,55	0,0056	0,0007	0,00038
9,02	14,56	0,038	0,048	1,89	0,67	0,5	0,0034	0,0005	0,0003
9,21	13,54	0,043	0,052	1,81	0,55	0,49	0,0044	0,0006	0,00029
8,11	7,98	0,038	0,051	1,79	0,69	0,52	0,0047	0,0005	0,00032





8,06	6,59	0,019	0,053	1,58	0,65	0,48	0,0048	0,0006	0,00036
8,14	17,47	0,02	0,055	1,45	0,6	0,51	0,0054	0,0006	0,00028
8,1	11,83	0,02	0,055	1,51	0,67	0,53	0,0057	0,0007	0,00034

**Realizado por:** Naranjo, C,



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

**Fecha de entrega:** 04 / 06 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Cinthia Paulina Naranjo Moyano
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> Agronomía
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Agrónoma
 Ing. Cristian Santiago Tapia Ramírez Msc. <b>Director del Trabajo de Titulación</b>  Ing. Daniel Arturo Román Robalino <b>Asesor del Trabajo de Titulación</b>



