

**UNIVERSIDAD PARA EL DESARROLLO ANDINO**

*“Anti hatun yachay wasi, iskay simi yachachiypi umalliq”*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS AGRARIAS**



**Tesis**

**Efecto de diferentes niveles de compost en la producción de  
betarraga (*Beta vulgaris*) en Latapuquio – Lircay, 2024**

Para optar el título profesional de:

**Ingeniero Agrónomo**

Presentado por:

**Jose Armando Subilete Ichpas**

Asesor:

**Mg. Magdalena Huaman Arango**

**Lircay – Angaraes – Huancavelica – Perú**

**2025**

**UNIVERSIDAD PARA EL DESARROLLO ANDINO**

*“Anti hatun yachay wasi, iskay simi yachachiypi umalliq”*

---

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS AGRARIAS**



**Tesis:**

Efecto de diferentes niveles de compost en la producción de betarraga (*Beta vulgaris*) en Latapuquio – Lircay, 2024

**Línea de Investigación:**

Seguridad Alimentaria

**Campo del conocimiento (OCDE)**

Ciencias e Ingeniería

**Autor:**

Jose Armando Subilete Ichpas

DNI N.º 72259335

<https://orcid.org/0009-0005-4357-7090>

**Asesor:**

Mg. Magdalena Huaman Arango

DNI N.º 43208349

<https://orcid.org/0009-0005-7471-2048>

**Para optar el Título Profesional de:**

Ingeniero Agrónomo

**Lircay – Angaraes – Huancavelica – Perú**

**2025**

N.º 036-2025-BR-II-UDEA

## CONSTANCIA

### DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE TESIS POR EL SOFTWARE DE TURNITIN

El Instituto de Investigación, hace constar por la presente, que la tesis titulada “**EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE COMPOST EN LA PRODUCCIÓN DE BETARRAGA (*Beta vulgaris*) EN LATAPUQUIO – LIRCAY, 2024**”.

Autor : **JOSE ARMANDO SUBILETE ICHPAS**  
Carrera Profesional : **CIENCIAS AGRARIAS**  
Facultad : **CIENCIAS E INGENIERÍA**  
Asesor : **Mg. MAGDALENA HUAMAN ARANGO**

Que fue presentada en fecha **14/07/2025**, después de haberse realizado el análisis con el software de Turnitin, excluyendo la bibliografía y similitudes menores a 1%, presenta un porcentaje de similitud de **4%** día 14 de julio de 2025.

En tal sentido, de acuerdo con los criterios establecidos en el Reglamento de Grados y Títulos, se declara que la tesis cumple con el porcentaje aceptable de similitud.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia.

Lircay, 14 de julio de 2025.




**Responsable de Repositorio y  
Biblioteca  
Instituto de Investigación**

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ASESOR

En condición de asesor designado bajo Resolución Decanal N.º 153-2024-DFCI-UDEA de fecha 28 de mayo de 2024 de la tesis titulado: **“EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE COMPOST EN LA PRODUCCIÓN DE BETARRAGA (*Beta vulgaris*) EN LATAPUQUIO - LIRCAY, 2024”** cuyo autor es el bachiller **JOSE ARMANDO SUBILETE ICHPAS**, para optar al Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**, luego de la revisión exhaustiva al contenido del documento, doy fe y considero que se encuentra apto para ser aprobado y con méritos suficientes para ser sometido para la sustentación.

En señal de conformidad se firma y sella la presente constancia.

Lircay, 14 de julio de 2025.



Firma

Asesor: Mg. MAGDALENA HUAMAN ARANGO

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7471-2048>

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Lircay, provincia de Angaraes, Región Huancavelica, a los 21 días del mes de julio del año 2025, siendo las 08 horas con 30 minutos, en el Aula Magna de la Universidad para el Desarrollo Andino se instaló el Jurado designado con Resolución Decanal N.º 128-2025-DFCI-UDEA de fecha 26 de mayo de 2025, teniendo como Miembros de Jurado:

**PRESIDENTE : Mg. ROLANDO YOSSEF BENDEZU URETA**

**SECRETARIO : Mg. ALFREDO CHATE PAREJA**

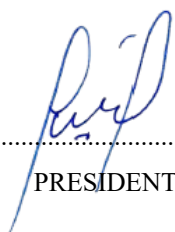
**VOCAL : Mg. SONIA CONDORI BENITO**


Con la finalidad de llevar a cabo el acto académico de sustentación de tesis del bachiller: **JOSE ARMANDO SUBILETE ICHPAS** de la Carrera Profesional de **CIENCIAS AGRARIAS**, de la Facultad de **CIENCIAS E INGENIERÍA**, quien sustenta la tesis titulada: **“EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE COMPOST EN LA PRODUCCIÓN DE BETARRAGA (*Beta vulgaris*) EN LATAPUQUIO - LIRCAY, 2024”**, aprobado mediante Resolución Decanal N.º 158-2025-DFCI-UDEA de fecha 14 de julio de 2025, para optar al Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**, bajo la modalidad de **TESIS**.

Luego, de haber absuelto las preguntas que fueron formuladas por los Miembros del Jurado, se llegó al siguiente resultado:

Aprobado por : Unanimidad  Mayoría   
Mención : Excelente  Muy bueno  Bueno  Regular   
Desaprobado por: Unanimidad  Mayoría

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.

  
.....  
PRESIDENTE

  
.....  
VOCAL

  
.....  
SECRETARIO

## DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía en los momentos de incertidumbre y mi fortaleza en las dificultades. Sin Su presencia en mi vida, este sueño no habría sido posible.

A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y constante apoyo. Ustedes han sido mi ejemplo de perseverancia y dedicación. Este logro es tan mío como suyo.

A mis hermanos, por su compañía y palabras de aliento en los momentos más desafiantes. Su apoyo siempre fue un faro de motivación para seguir adelante.

A mis amigos y compañeros de estudio, por compartir conmigo este camino lleno de retos y aprendizajes. Su compañía ha sido un pilar fundamental en este proceso.

.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, expreso mi sincero agradecimiento a mi alma mater, la Universidad para el Desarrollo Andino (UDEA), institución que me acogió y me brindó las herramientas necesarias para mi formación profesional, permitiéndome alcanzar esta meta.

A mis docentes y, especialmente, a mi asesora, Ing. Magdalena Huamán Arango, por su valiosa orientación, paciencia y dedicación a lo largo del proceso de desarrollo de esta tesis. Sus consejos y conocimientos fueron fundamentales para el éxito de este trabajo.

Finalmente, agradezco de manera especial a todas las personas, tanto de forma directa como indirecta, que han contribuido con su apoyo, sus palabras de aliento y la confianza depositada en mí. Cada uno de ustedes ha sido una fuente importante de motivación en este proceso.

## INDICE

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
INDICE.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
CHINTI.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.1. Planteamiento del problema .....	3
1.2. Formulación del problema .....	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos .....	5
1.3. Objetivos de la investigación.....	5
1.3.1. Objetivo general .....	5
1.3.2. Objetivo específico.....	5
1.4. Hipótesis de la investigación.....	5
1.4.1. Hipótesis general.....	5
1.4.2. Hipótesis específica.....	6
CAPÍTULO II MARCO TEORICO.....	7
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1. Antecedendetes Internacionales .....	7
2.2. Bases teóricas o científicas sobre el tema de investigación .....	13
2.2.1. Bases teóricas de la variable Compost .....	13

2.2.2. Bases teóricas de la variable producción de betarraga.....	14
2.3. Marco conceptual.....	14
2.3.1. Clasificación taxonómica del Betarraga.....	15
2.3.2. Cultivo de Betarraga.....	15
2.3.3. Condiciones del cultivo .....	15
2.3.4. Preparación del suelo.....	16
2.3.5. Siembra.....	16
2.3.6. Riego .....	16
2.3.7. Control de malezas .....	17
2.3.8. Plagas de betarraga.....	17
2.3.10. Cosecha.....	19
2.3.8. Compost.....	19
2.3.9. Parámetros del compost.....	20
2.3.10. Nutrientes.....	20
2.3. Definición de términos básicos.....	21
2.3.1. Compost:.....	21
2.3.2. Fertilizante orgánico.....	21
2.3.3. Descomposición aeróbica .....	21
2.3.4. Microorganismos .....	22
2.3.5.. Mesófila.....	22
2.3.6.. Termófila .....	22
2.3.7.. Enfriamiento y Maduración .....	22
2.3.8.. Nutrientes del compost.....	22
2.3.9. Proporción Carbono-Nitrógeno (C) .....	23
2.3.10. Aireación.....	23

2.3.11. Humedad.....	23
2.3.12. Materia orgánica.....	23
2.3.13. Suelo franco arenoso .....	24
2.3.14. Estructura del suelo .....	24
2.3.15. Retención de humedad .....	24
2.3.16. Control de erosión .....	24
2.3.17. Hortaliza .....	25
2.3.18. Rendimiento del cultivo.....	25
2.3.19. Preparación del suelo.....	25
2.3.20. Rotación de cultivos .....	25
2.3.21. Hortaliza de raíz .....	25
2.3.22. Condiciones climáticas ideales .....	26
2.3.23. Cultivo exitoso .....	26
2.3.24. Viabilidad económica.....	26
<b>CAPÍTULO III METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>27</b>
3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación.....	30
3.2. Población y muestra.....	30
3.2.1. Descripción de la población.....	30
3.2.2. Selección de la Muestra.....	30
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	31
3.4. Aplicación de instrumentos de evaluación, tabulación y procesamiento.....	32
3.5. Ética Investigativa.....	33
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>34</b>
4.1. Resultados .....	34
4.1.1. Confiabilidad del instrumento .....	34

4.1.2. Análisis de datos cuantitativos.....	35
4.2. Discusiones.....	49
4.2.1. En relación al objetivo general .....	49
4.2.2. En relación a los objetivos específicos.....	50
4.3. Contrastación de hipótesis.....	52
4.3.1. Planteamiento de la hipótesis.....	53
4.3.2. Determinación del nivel de significancia .....	54
4.3.3. Elección de la prueba estadística .....	54
4.3.4. Cálculo del valor tabular .....	55
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
5.1. Conclusiones.....	58
5.2. Recomendaciones .....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	60
ANEXO .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Modelo del análisis de varianza (ANVA)</i> .....	27
<b>Tabla 2</b> <i>Descripción de los tratamientos de DBCA con 4 tratamientos distribuidos en 3 bloques</i> .....	28
<b>Tabla 3.</b> <i>Análisis de fiabilidad mediante el método del coeficiente de Alfa de Cronbach</i> ....	34
<b>Tabla 4</b> Análisis de varianza (ANVA) de longitud de la raíz de betarraga. ....	35
<b>Tabla 5</b> Prueba Tukey para la comparación de medias de la longitud de raíz de betarraga..	36
<b>Tabla 6</b> Análisis de varianza (ANVA) del diámetro de la raíz de betarraga. ....	37
<b>Tabla 7</b> Prueba Tukey para la comparación de medias del diámetro de raíz de betarraga....	38
<b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza (ANVA) de altura de planta de betarraga. ....	39
<b>Tabla 9</b> Prueba Tukey para la comparación de medias de altura de planta de betarraga. ....	40
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza (ANVA) de número de hojas por planta de betarraga. ....	41
<b>Tabla 11</b> Prueba Tukey para la comparación de número de hojas por planta de betarraga. .	42
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza (ANVA) de peso de raíces por hectárea de betarraga.....	43
<b>Tabla 13</b> Prueba Tukey para la comparación de peso de raíces por hectárea de betarraga. .	44
<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza (ANVA) de peso de raíces por planta de betarraga. ....	45
<b>Tabla 15</b> Prueba Tukey para la comparación de peso de raíces por planta de betarraga. ....	46
<b>Tabla 16.</b> Análisis de varianza (ANVA) de peso de residuos por planta de betarraga. ....	47
<b>Tabla 17</b> Prueba Tukey para la comparación de peso de residuos por planta de betarraga. .	48
<b>Tabla 18</b> <i>Prueba de normalidad y homogeneidad.</i> .....	56

## RESUMEN

El objetivo principal evaluar el efecto de diferentes niveles de compost descompuesto en la producción y calidad del cultivo de betarraga (*Beta vulgaris*) en Latapuquio – Lircay durante el año 2024. El estudio se enmarcará en una investigación cuantitativa, con un nivel explicativo, y se utilizará un diseño experimental Bloques Completos al Azar (BCR) con cuatro tratamientos y tres repeticiones. La población del estudio estará constituida por 192 plantas obtenidas mediante muestreo aleatorio probabilístico. El análisis estadístico revela que los niveles de compost tienen un impacto significativo en el desarrollo de las plantas de betarraga. El tratamiento T1 (7000 kg/ha) sobresale en longitud, diámetro, altura de raíces, número de hojas, peso por planta y residuos, clasificándose consistentemente en la categoría A. T2 (3500 kg/ha) y T3 (1000 kg/ha) presentan beneficios moderados, ubicándose en categorías B o C según el parámetro analizado, mientras que T4 (sin compost) muestra el menor rendimiento en todas las variables, categorizado en D. Esto confirma que el compost es esencial para maximizar el crecimiento y rendimiento de la betarraga. Una de las principales novedades del estudio es el uso de compost en diferentes cantidades de aplicación, lo que permite comparar su impacto en el crecimiento de la betarraga en condiciones climáticas y de suelo específicas de la región. Además, los resultados del estudio son útiles para los agricultores locales, quienes podrán aplicar mejores prácticas para mejorar la producción sin depender mucho de insumos sintéticos. El estudio ofrece un beneficio extra en cuanto a sostenibilidad, ya que no solo mejora la calidad del cultivo, sino que también ayuda a cuidar el medio ambiente al usar materiales orgánicos reciclados. No obstante, algunas limitaciones del proyecto son la variación en los resultados por factores ambientales y la posibilidad de que el compost utilizado no tenga propiedades completamente estandarizadas. A pesar de estas limitaciones, el estudio ofrece una buena base para futuras investigaciones y prácticas agrícolas en la región.

**Palabras clave:** Compost, betarraga, niveles

## ABSTRACT

The main objective is to evaluate the effect of different levels of decomposed compost on the production and quality of beetroot (*Beta vulgaris*) cultivation in Latapuquio – Lircay during 2024. The study will be framed within a quantitative research approach, with an explanatory level, and will use a randomized complete block design (RCBD) with four treatments and three replications. The study population will consist of 192 plants obtained through probabilistic random sampling. Statistical analysis reveals that compost levels have a significant impact on the development of beetroot plants. Treatment T1 (7000 kg/ha) stands out in terms of length, diameter, root height, number of leaves, weight per plant, and waste, consistently classified in category A. T2 (3500 kg/ha) and T3 (1000 kg/ha) show moderate benefits, ranking in categories B or C depending on the analyzed parameter, while T4 (no compost) shows the lowest performance in all variables, classified in category D. This confirms that compost is essential for maximizing beetroot growth and yield. One of the main novelties of the study is the use of compost in different application amounts, allowing comparison of its impact on beetroot growth under the specific climatic and soil conditions of the region. Furthermore, the study's results are useful for local farmers, who can apply better practices to improve production without relying heavily on synthetic inputs. The study provides an added benefit in terms of sustainability, as it not only improves crop quality but also helps protect the environment by using recycled organic materials. However, some limitations of the project include variation in results due to environmental factors and the possibility that the compost used may not have fully standardized properties. Despite these limitations, the study offers a solid foundation for future research and agricultural practices in the region.

**Keyword:** Compost, beetroot, levels

## CHINTI

Chay hatun ruwayqa chaninchanapaqmi, imaymana niveles de compost descompuesto nisqapa ruwayninpi, Latapuquio - Lircay llaqtapi remolacha (*Beta vulgaris*) tarpuyta ruwayninpi, allin kayninpi, 2024 watapi, chay estudioqa enmarcado kanqa investigación cuantitativa nisqapi, nivel explicativo nisqawan, chaymanta diseño experimental Bloque Completo Aleatorio (RCB) nisqawan tawa tratamientokunawan kimsa kutiwan. Población de estudio nisqa 192 yurakunamantam kanqa, chaykunam muestreo aleatorio probabilístico nisqawan tarisqa. Análisis estadístico nisqapiqa qawarikunmi chay niveles de compost nisqa anchata yanapakun remolacha yurakunapa wiñayninpi. Tratamiento T1 (7000 kg/ha) resaltanmi largonpi, diámetro nisqapi, saphi sayayninpi, hayka raphinkunapi, llasayninpi sapa plantapi hinaspa residuos nisqapi, sapa kutim clasificasqa kachkan categoría A nisqapi T2 (3500 kg/ha) hinaspa T3 (1000 kg/ha) nisqakunam qawarichinku moderado beneficiokunata, churasqa kachkanku categorías B utaq C nisqapi chay parámetro analizado nisqaman hina, chaymantam T4 (mana compost nisqawan) qawarichin aswan pisi ruwaymi llapan variablekunapi, D nisqapi categorizasqa, chaymi takyachin compost nisqa ancha allin kasqanmanta remolacha wiñananpaq, ruruchiypas aswan hatun kananpaq. Hukninmi chay estudio nisqapa novedad principalninqa, compost nisqapa llamkayninmi, imaymana tasas de aplicación nisqapi, chaymi permite tupachiyta chay impacto nisqa remolacha wiñayninpi, condiciones climáticas específicas nisqapi, allpapipas chay región nisqapi. Chaymantapas, chay estudio ruwakusqanqa allinmi chay llaqtapi chakra llamkaqkunapaq, paykunam allin ruwaykunata allinta ruwayta atinqaku, mana anchatachu insumos sintéticos nisqapi hapipakuspa. Chay estudioqa huk beneficio yapasqatan qon sustentabilidad nisqamanta, manan tarpuy allinchayllatachu allinchan, aswanpas yanapanmi pachamama waqaychayta materiales orgánicos reciclables nisqawan. Ichaqa wakin limitaciones nisqa proyectopahmi kanku chay variación de resultados nisqa factores ambientales nisqarayku chaymanta chay posibilidad nisqa

chay compost utilizasqa mana propiedades completamente estandarizadas nisqayuq kaynin.

Chayna pisilla kaptinpas, chay estudioqa allin base nisqatam qun hamuq pachakunapi

investigacionpaq, chaynallataq chakra llamkay ruwaykunapaqpas chay suyupi.

**Sapaq simikuna:** Compost, betarraga, niveles

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la producción agrícola enfrenta retos importantes relacionados con la sostenibilidad, el uso eficiente de los recursos y la necesidad de aumentar la productividad sin afectar la calidad del suelo ni el medio ambiente. En este contexto, el uso de fertilizantes orgánicos, como el compost, ha cobrado gran relevancia debido a sus múltiples beneficios. Entre ellos, destaca la mejora en la estructura del suelo, el aumento en la retención de humedad y nutrientes, así como la promoción de un crecimiento más saludable en los cultivos.

Uno de estos cultivos es la betarraga (*Beta vulgaris*), una especie de gran valor tanto económico como nutricional, utilizada en la industria alimentaria, la producción de forraje y la elaboración de productos con valor agregado. Sin embargo, la aplicación de fertilizantes adecuados sigue siendo un factor clave para optimizar su rendimiento y calidad. En la comunidad de Latapuquio - Lircay, la betarraga es un cultivo importante para los agricultores locales, pero aún hay poca información sobre cómo el uso de compost puede impactar su producción en condiciones específicas del suelo y clima.

Si bien diversos estudios demostraron que el compost podía mejorar significativamente el crecimiento y rendimiento de cultivos hortícolas, aún no se había evaluado a fondo cómo respondía la betarraga a diferentes niveles de aplicación de este fertilizante en la zona de estudio. Por ello, esta investigación analizó el efecto de distintos niveles de compost descompuesto en la producción y calidad de la betarraga, aportando información valiosa para el desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes.

Para ello, se empleó un enfoque cuantitativo con un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), lo que permitió evaluar estadísticamente el impacto de los tratamientos aplicados. Los resultados de este estudio podrán ser de gran utilidad para los productores de la región, quienes podrían adoptar estrategias de fertilización más eficaces y

amigables con el medio ambiente, reduciendo la dependencia de fertilizantes sintéticos y mejorando la rentabilidad de sus cultivos.

En última instancia, esta investigación contribuyó al conocimiento sobre la interacción entre el compost y la betarraga, impulsando el desarrollo de técnicas agrícolas basadas en principios de sostenibilidad. Esto no solo benefició a los agricultores de Latapuquio - Lircay, sino también a otras comunidades con condiciones similares, ayudando a mejorar la producción agrícola de manera responsable y eficiente.

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

A escala global, la agricultura orgánica ha experimentado un crecimiento significativo debido a la exigencia de implementar prácticas sostenibles que reduzcan la utilización de insumos sintéticos y fomenten la salud del suelo y la biodiversidad. La aplicación del compost como fertilizante orgánico ha sido extensamente investigada y aplicada en diversas regiones globales, poniendo de manifiesto su potencial para optimizar la estructura del suelo, potenciar la retención de agua y nutrientes, y promover el desarrollo saludable de cultivos como hortalizas y tubérculos, incluyendo cultivos de relevancia económica como la betarraga (*Beta vulgaris*). En naciones europeas y norteamericanas, se han instaurado políticas que fomentan la práctica de la agricultura orgánica, impulsando prácticas que optimizan la sostenibilidad agrícola (Sosa et al., 2023).

En América Latina, en Ecuador se demostró que el compost tuvo efectos beneficiosos en el suelo, mejorando indicadores como el número de hojas y área foliar, aunque no se encontraron diferencias significativas en otros parámetros como la grasa y fibra en las hojas en comparación con el biol (Rodríguez et al., 2016), por otra parte, en Venezuela, se analizó el efecto de abonos orgánicos (como la gallinaza) sobre el rendimiento de la remolacha en suelos erosionados y se encontró que los abonos orgánicos mejoraron la densidad del suelo y aumentaron el rendimiento de la betarraga en un 97% con el uso de gallinaza (Fernández y Arismendi, 2011).

En el marco nacional, Perú ha destacado la relevancia de implementar prácticas agrícolas sostenibles, particularmente en regiones rurales donde la actividad agrícola constituye el eje fundamental de la economía local. La implementación de fertilizantes de origen orgánico, tales como el compost, ha sido promovida en diversas regiones del país,

atribuible a su potencial para incrementar la fertilidad del suelo y su efecto beneficioso en la calidad agrícola. Pese a los progresos logrados, persisten obstáculos asociados con la implementación de estas prácticas en regiones específicas del país, especialmente en zonas rurales donde los productores agrícolas aún se sustentan en insumos tradicionales (González, 2008).

En el contexto regional, Latapuquio – Lircay se distingue por su actividad agrícola, en la que la producción de hortalizas, incluyendo la betarraga, desempeña un papel crucial en la economía local. Pese al creciente interés en la utilización de compost como fertilizante orgánico en la región, no se disponen de investigaciones adecuadas para evaluar su impacto en cultivos particulares en el contexto de las condiciones locales de suelo y clima. Por su relevancia en la alimentación y el comercio local, la betarraga demanda estrategias que optimicen su producción y calidad (Chang et al., 2022).

Esta investigación es crucial para los agricultores locales, ya que les permitirá tomar decisiones informadas sobre el manejo de sus cultivos y la optimización de la producción generando un contexto de creciente interés en prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, de esta manera los agricultores comprenderán el impacto del compostaje en la producción de cultivos es esencial para promover sistemas agrícolas más sustentables (Oviedo et al., 2017)

La presente investigación busca evaluar el efecto de diferentes niveles de compost descompuesto en la producción y calidad del cultivo de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024.

## **1.2. Formulación del problema**

### ***1.2.1. Problema general***

¿Cuál es el efecto de diferentes niveles de compost descompuesto en la producción y calidad del cultivo de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024?

### ***1.2.2. Problemas específicos***

1. ¿Cómo influyen los distintos niveles de compost descompuesto en el desarrollo radicular de las plantas de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024?
2. ¿Qué impacto tienen los niveles de compost descompuesto en el crecimiento y desarrollo del follaje de las plantas de betarraga Latapuquio – Lircay 2024?
3. ¿Cómo influye la aplicación de diferentes niveles de compost descompuesto en el peso y la productividad de la betarraga en Latapuquio – Lircay durante el año 2024?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### ***1.3.1. Objetivo general***

Evaluar el efecto de diferentes niveles de compost descompuesto en la producción y calidad del cultivo de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024.

### ***1.3.2. Objetivo específico***

1. Determinar la influencia de los distintos niveles de compost descompuesto en el crecimiento radicular de las plantas de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024.
2. Evaluar el efecto de los niveles de compost descompuesto en el crecimiento y desarrollo del follaje de las plantas de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024.
3. Determinar el peso y la productividad de betarraga en los diferentes niveles de compost descompuesto en Latapuquio – Lircay 2024.

## **1.4. Hipótesis de la investigación**

### ***1.4.1. Hipótesis general***

El uso de los diferentes niveles de compost descompuesto presenta un efecto significativo en la producción y calidad de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024.

### ***1.4.2. Hipótesis específica***

1. Los distintos niveles de compost descompuesto influyen significativamente en el crecimiento radicular de las plantas de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024,

favoreciendo un mayor desarrollo de raíces a medida que aumenta la cantidad de compost aplicado

2. Los niveles óptimos de compost descompuesto presentan un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo del follaje de las plantas de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024.
3. La aplicación de compost descompuesto en diferentes niveles incrementa el peso y la productividad de la betarraga en la zona de Latapuquio – Lircay durante el año 2024.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Ccama (2023) en su tesis: "*Efecto de dosis entre macro - micronutrientes y abonos orgánicos en el cultivo de betarraga (Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris) conducido en el Centro Agronómico K'ayra*" presentó como objetivo la evaluación de la efectividad de soluciones nutritivas y fertilizantes orgánicos, lombricompost y compost en la producción del cultivo en el centro agrícola de Ñeiras. En la metodología se usó un diseño factorial de diseño completamente al azar con arreglo de 9 tratamientos y 4 repeticiones con un total de 36 unidades experimentales, donde se evaluaron tres insumos orgánicos (fertilizante orgánico, humus y compost) distribuidos en tres dosis 0 ml A y 0 ml B, 5 ml A y 2 ml B y 10 ml A y 1 ml solución. Se concluyó que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, esto se observa en los valores medios de peso de raíces por hectárea, peso de raíces por planta, peso de residuos de cultivo por planta, altura de planta, longitud y diámetro de raíces y peso de raíces por planta.

Lavado (2021) en su tesis titulada: "*Efectos de niveles de bioabonos en el rendimiento de la betarraga (Beta vulgaris L.), en condiciones edafoclimáticas del instituto de investigación frutícola olerícola Cayhuayna.*" el objetivo fue determinar la influencia de insumos orgánicos en la productividad de las plantas de betarraga. En la metodología se evaluaron los niveles de compost (0, 4, 6, 8 en toneladas por hectárea), abono foliar (00, 1-0 y 2-0 litros por mochila) y su influencia en la longitud, diámetro y peso de la raíz, para ello se implementó el Diseño de Bloques Completamente al Azar donde se instalaron 12 tratamientos con 3 repeticiones. Como conclusión, el tratamiento donde se aplicó la cantidad de 8 toneladas de compost expreso el mejor resultado en el rendimiento de betarraga reportando una

productividad de 38.37 toneladas en una hectárea, superando ampliamente al testigo que logro una productividad de 14.56 toneladas por hectárea (p. 9).

Huanca y Blanco (2020) en la investigación titulada: "*Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de betarraga (Beta vulgaris L.) en la Estación Experimental de Patacamaya*" el objetivo fue medir el efecto de diferentes insumos naturales de origen orgánico en la productividad de betarraga sembrada en los suelos de la estación experimental de Patacamaya. La metodología consistió en determinar el rendimiento del cultivo se procedió a medir el diámetro, longitud y peso de la raíz para calcular el posterior equilibrio económico, por lo que midió variables del suelo como materia orgánica, porcentaje de nitrógeno, pH y densidad, por lo que se implementó el experimento en bloques completamente al azar considerando el estudio de 16 unidades experimentales donde se estudió a una variedad en cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Conclusiones, la influencia del compost fue decisivo para obtener la mayor productividad con un total de 2.06 kilos por metro cuadrado, en contraste, el tratamiento que recibió el humus de lombriz reporto el menor rendimiento (p. 7).

Hoyos (2023) en la investigación titulada: "*Efecto de la aplicación de guano de isla y humus de lombriz en el rendimiento del cultivo de betarraga (Beta vulgaris L.) variedad Early Wonder en el Fundo la Victoria*" el objetivo consistió en medir el rendimiento de la betarraga como producto de aplicación de insumos orgánicos a base de guano de isla y humus de lombriz. En la metodología se utilizaron cinco tratamientos a base de insumos orgánicos los cuales se sembraron en unidades experimentales en el diseñado Bloques Completamente al Azar con tres repeticiones. En conclusión, las unidades experimentales que reportaron la mayor productividad con 41 562 kilos por hectárea son aquellas del tratamiento cuya dosis de aplicación fue 4 toneladas de guano de isla por hectárea (p. 10).

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

La Rosa (2024) en la investigación titulada “Fertilización ecológica con compost de residuos de pescado para evaluar la respuesta en cultivo de betarraga (*Beta vulgaris* L.), Supe 2022”, tuvo como objetivo determinar la dosis óptima de fertilización ecológica con compost a base de residuos de pescado para maximizar el rendimiento del cultivo de betarraga en Supe Pueblo. Para ello, se llevó a cabo un experimento utilizando un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres bloques y cinco tratamientos, donde las dosis de compost aplicadas fueron de 0 kg/ha (T1, testigo), 640 kg/ha (T2), 770 kg/ha (T3), 900 kg/ha (T4) y 1030 kg/ha (T5). La fertilización se realizó 14 días después del trasplante y se evaluaron parámetros como la concentración de nutrientes en hojas, densidad de estomas y rentabilidad. El análisis de los datos se efectuó mediante análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Duncan. Los resultados mostraron que el tratamiento T5 (1030 kg/ha) obtuvo el mejor rendimiento, con una longitud de tallo de 43.85 cm, peso de planta de 301.416 g y rendimiento comercial de 40.12 t/ha. Además, presentó una mayor absorción de nitrógeno (275.32 kg/ha), densidad de estomas de 827 estomas/mm<sup>2</sup> y una rentabilidad del 254.3 %. En conclusión, el uso de 1030 kg/ha de compost mejoró significativamente el rendimiento de la betarraga en un 30.58% en comparación con el testigo. Esto se debió a una mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo, lo que favoreció el crecimiento del cultivo. Además, la rentabilidad obtenida superó el doble de la inversión inicial, y el manejo de residuos orgánicos contribuyó a reducir la contaminación ambiental.

Velez (2024) en la investigación titulada “*Fertilización ecológica con compost de residuos de pescado para evaluar la respuesta en cultivo de betarraga (*Beta vulgaris* L.), Supe 2022*”, el estudio tuvo como objetivo determinar la dosis óptima de compost a base de tierra de blanqueo para mejorar el rendimiento del cultivo de betarraga, en el contexto de una mayor demanda de aceite vegetal en el Perú tras la recesión económica. Para ello, se realizó un estudio

experimental utilizando un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), conformado por tres bloques y cinco tratamientos con distintas dosis de compost: T1 = 0 t/ha, T2 = 4 t/ha, T3 = 6 t/ha, T4 = 8 t/ha y T5 = 10 t/ha. La aplicación del compost se realizó 10 días después del trasplante. Se evaluaron características físicas de la planta y los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Duncan. Asimismo, se estudió la concentración de nutrientes en las hojas y la densidad de estomas. Los resultados indicaron que el tratamiento con la mayor dosis de compost (T5 = 10 t/ha) obtuvo los mejores valores en todos los parámetros evaluados. La altura de la planta alcanzó 39.74 cm, el peso promedio fue de 302.04 g, el rendimiento comercial llegó a 39.97 t/ha y el diámetro del bulbo fue de 7.36 cm. Además, la longitud de la planta fue de 7.46 cm, el consumo de nitrógeno alcanzó 154.3 kg/ha y se observó una mayor concentración de nitrógeno y potasio en las hojas. La densidad de estomas fue de 112 estomas/mm<sup>2</sup> y la rentabilidad del cultivo llegó al 231.28%. En conclusión, la aplicación de 10 t/ha de compost permitió un incremento del 43.10% en el rendimiento de betarraga en comparación con el tratamiento testigo (T1 = 22.741 t/ha). Este resultado se atribuye a la mejora en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, lo que favoreció la absorción de nitrógeno y potasio, así como una mayor densidad de estomas, influyendo positivamente en el desarrollo y calidad del cultivo.

Nina (2024) en la investigación “*Efecto de abonamiento foliar orgánico y dosis en el rendimiento de zahoria (Daucus carota) y betarraga (Beta vulgaris) en invernadero del CE – Camacani – Puno*”, el estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos tipos y distintas dosis de abono foliar orgánico en el rendimiento de los cultivos de zanahoria (*Daucus carota*) y betarraga (*Beta vulgaris*) en condiciones de invernadero, ante la creciente dependencia de fertilizantes químicos que afectan la calidad del suelo y los cultivos. La investigación se llevó a cabo en una parcela de 84 m<sup>2</sup>, donde se cultivaron zanahoria y betarraga con una distancia de 0.25 cm entre surcos, estableciendo 48 unidades experimentales. Se aplicaron dos tipos de

fertilizantes orgánicos foliares en diferentes dosis: Mar y Nieves (1.25 ml/L, 1.75 ml/L y 2.25 ml/L) y Biol (75 ml/L, 100 ml/L y 125 ml/L). Los resultados mostraron que, para la zanahoria, la mejor respuesta se obtuvo con una dosis de 1.75 ml/L de Mar y Nieves, logrando un 97% de emergencia rápida, una longitud de raíz de 15.99 cm, un diámetro de raíz de 3.88 cm y un rendimiento de 6,218.7 kg/ha. Para la betarraga, las mejores variables se registraron con un 98.44% de emergencia rápida, una altura de planta de 60.8 cm, una longitud de raíz de 7.20 cm, un diámetro de raíz de 7.32 cm y un rendimiento de 6,551.1 kg/ha. En conclusión, la aplicación de abonos foliares orgánicos mejoró significativamente el rendimiento de ambos cultivos, destacando el uso de 1.75 ml/L de Mar y Nieves para la zanahoria y una adecuada dosis de fertilizante para la betarraga. Esto sugiere que los fertilizantes orgánicos pueden ser una alternativa viable y sostenible para reducir la dependencia de fertilizantes químicos sin afectar la productividad.

López (2020) en la investigación “*Efecto del guano de isla en el rendimiento de la zanahoria (Daucus carota L.) en condiciones agroecológicas de Huacrachuco*”. El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del guano de isla en el rendimiento del cultivo de zanahoria (*Daucus carota L.*) bajo las condiciones agroecológicas de Huacrachuco-Marañón, así como determinar la dosis óptima para obtener el mayor rendimiento. La investigación se llevó a cabo entre junio y septiembre de 2018, en un entorno caracterizado por cambios climáticos, fuertes lluvias de enero a marzo, temperaturas entre 12 y 24 °C, suelos ricos en humus, ligeramente ácidos y con baja materia orgánica. Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: T0 (testigo, sin fertilización), T1 (1,800 kg/ha de guano de isla), T2 (2,000 kg/ha de guano de isla) y T3 (2,200 kg/ha de guano de isla). Se aplicaron pruebas estadísticas ANOVA y Duncan para analizar los resultados. Los resultados mostraron diferencias significativas en el rendimiento según la dosis de guano de isla aplicada. El tratamiento T3 (2,200 kg/ha) alcanzó

el mayor rendimiento con 36.16 t/ha, seguido de T2 (30.33 t/ha) y T1 (26.83 t/ha). En contraste, el tratamiento testigo T0 (sin fertilización) obtuvo el menor rendimiento, con 24.17 t/ha. En conclusión, el uso de guano de isla mejoró significativamente el rendimiento de la zanahoria, siendo la dosis de 2,200 kg/ha (T3) la más eficiente. Estos resultados sugieren que el guano de isla es una alternativa viable para mejorar la productividad del cultivo en condiciones agroecológicas similares.

Saenz (2023) en la investigación “*Rendimiento de la zanahoria (Daucus carota L.) variedad royal chantenay con fertilización basado en fuentes inorgánicas y orgánicas en condiciones edafoclimáticas de Huacrachuco, 2021*”, presenta como objetivo determinar el efecto de la fertilización con fuentes inorgánicas y orgánicas en el rendimiento de la zanahoria (*Daucus carota L.*) variedad Royal Chantenay, en las condiciones edafoclimáticas de Huacrachuco. Se empleó un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (DBCA), conformado por cuatro bloques y cuatro tratamientos. Los tratamientos fueron: T1 (estiércol de cuy), T2 (estiércol de cuy + microorganismos eficientes EM), T3 (fertilización inorgánica N-P-K) y T0 (testigo, sin fertilización). El análisis estadístico se realizó mediante Análisis de Varianza (ANOVA) y la comparación de medias con la prueba de Tukey al 5% de significancia. Los resultados indicaron que los tratamientos T3 (N-P-K) y T2 (estiércol de cuy + EM) obtuvieron los mejores promedios, sin diferencias significativas entre ellos. En estos tratamientos, la altura de planta alcanzó 52.31 cm y 48.44 cm, el número de hojas por planta fue de 17.33 y 16.50, la longitud de raíz llegó a 17.73 cm y 16.72 cm, el diámetro de raíz fue de 6.95 cm y 6.72 cm, y el peso de raíz alcanzó 190.88 g y 180.09 g, respectivamente. En términos de rendimiento, T3 y T2 lograron 38.19 t/ha y 36.23 t/ha, respectivamente. Además, estos tratamientos registraron la mayor rentabilidad, con una relación beneficio/costo (B/C) de 2.64 y 1.98, respectivamente. En conclusión, tanto la fertilización inorgánica (N-P-K) como la fertilización orgánica con estiércol de cuy y EM

mejoraron significativamente el rendimiento de la zanahoria. Estos resultados destacan la importancia del uso de fertilizantes adecuados para optimizar la producción del cultivo.

## **2.2. Bases teóricas o científicas sobre el tema de investigación**

### ***2.2.1. Bases teóricas de la variable Compost***

El compost, un abono orgánico esencial, se origina a partir de la descomposición aeróbica de una variedad de residuos orgánicos como alimentos desechados, recortes de jardín y hojas. Es un proceso biológico controlado donde microorganismos como bacterias y hongos descomponen la materia orgánica, generando dióxido de carbono, agua y un valioso producto llamado compost. Este proceso atraviesa cuatro etapas clave: la mesófila, termófila, de enfriamiento y de maduración. Los beneficios del compost son numerosos, desde mejorar la estructura y fertilidad del suelo hasta retener la humedad, controlar la erosión y proporcionar nutrientes esenciales para las plantas, como nitrógeno, fósforo y potasio. Los materiales para el compostaje pueden ser residuos orgánicos de origen vegetal o animal, siempre manteniendo una proporción adecuada de carbono a nitrógeno. Una vez que el compost está completamente maduro y estable, puede emplearse como un eficaz abono orgánico o enmienda para enriquecer las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Flores y Carranza, 2006).

El proceso de compostaje, de acuerdo con la información suministrada, se desarrolla de la siguiente manera: Primero, se procede a la mezcla de una variedad de residuos orgánicos, que incluyen restos de comida, recortes de jardín, hojas, entre otros, con el objetivo de mantener una proporción adecuada de carbono y nitrógeno, idealmente en una relación de aproximadamente 25:1. Esta fase inicial es esencial para establecer las condiciones óptimas para la descomposición microbiana de la materia orgánica (Odou, 2020).

Posteriormente, se inicia la fase mesófila, donde la temperatura ambiente facilita la adaptación de los microorganismos responsables de descomponer la materia orgánica. Esta etapa preparatoria da paso a la fase termófila, caracterizada por un aumento significativo de la

temperatura en la pila de compost, alcanzando hasta 60-70°C. Esta elevada temperatura resulta crucial para eliminar posibles patógenos y semillas de malezas (Prime, 2022).

Una vez superada la fase termófila, se ingresa a la fase de enfriamiento y maduración, donde la temperatura desciende y los microorganismos continúan su labor transformadora de la materia orgánica hasta obtener un compost maduro y estable (Odou, 2020).

Durante todo el proceso, se debe garantizar una adecuada aireación, ya sea mediante volteos manuales o sistemas de aireación forzada, con el fin de suministrar el oxígeno necesario para los microorganismos. Asimismo, es fundamental mantener un nivel óptimo de humedad, generalmente entre el 40-60%, para favorecer el desarrollo microbiano (Zschaeffer, 2019).

### ***2.2.2. Bases teóricas de la variable producción de betarraga***

La hortaliza de betarraga tiene diversos usos a nivel doméstico, en la alimentación animal y en la industria. A nivel nacional, las áreas sembradas superan las 752 hectáreas, concentrándose principalmente en el sur, en los departamentos de Arequipa, Lima y Cajamarca. A pesar del consumo masivo de esta hortaliza, es necesario seguir investigando sus requerimientos nutricionales para aumentar los rendimientos (Castillo, 2004).

Las condiciones ideales de cultivo de la betarraga, también conocida como betarraga azucarera, incluyen requisitos específicos de suelo y clima. El suelo debe ser rico en nutrientes, humus y humedad, prefiriéndose un suelo franco arenoso, bien drenado y capaz de retener la humedad. El clima debe tener temperaturas que oscilen entre 15 y 21 °C (59 a 70 °F) durante los meses de crecimiento, con suficiente sol y lluvia (Mosaic, 2023).

El cultivo de Betarraga prospera en áreas con días cálidos y soleados seguidos de noches frescas y con niebla, como a lo largo de la costa del sur de California. Además, las regiones con altas temperaturas diurnas y noches frescas, como en zonas elevadas o en determinadas latitudes, también son adecuadas para una excelente calidad de la betarraga

azucarera. La preparación adecuada del suelo, el arado profundo y la rotación de cultivos son prácticas esenciales para el cultivo exitoso de betarraga (Herbazet, 2024).

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Clasificación taxonómica del *Betarraga***

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae (anteriormente Chenopodiaceae)

Género: *Beta*

Especie: *Beta vulgaris*

### **2.3.2. Cultivo de *Betarraga***

La remolacha, cuyo nombre científico es *Beta vulgaris*, es una verdura que crece bajo tierra y se cultiva mucho por ser versátil y saludable. Esta planta es sencilla de cuidar y se puede plantar en casi cualquier época del año, aunque es mejor hacerlo en lugares con clima suave y con humedad (Viveur, 2022).

### **2.3.3. Condiciones del cultivo**

La remolacha crece de manera óptima en un rango de temperaturas que va desde los 10°C hasta los 24°C. A pesar de su resistencia al calor y su capacidad para tolerar algunas heladas, se aconseja evitar los meses más calurosos del verano para lograr una siembra exitosa (Herbazet, 2024).

Prefiere terrenos sueltos, con buen drenaje y con abundante materia orgánica. Un nivel de pH ligeramente ácido a neutro (entre 6 y 7) es el más adecuado. Es recomendable evitar los suelos arcillosos, ya que pueden perjudicar el desarrollo de las raíces (Castillo, 2004).

#### **2.3.4. Preparación del suelo**

Es necesario llevar a cabo una labranza profunda de al menos 25 cm para garantizar que el suelo esté mullido y sin compactación (Huanca y Blanco, 2020).

Se aconseja incorporar ceniza y humus de lombriz al suelo para mejorar su calidad con nutrientes, en especial potasio, el cual es fundamental para el crecimiento de las raíces (Chang et al., 2022).

#### **2.3.5. Siembra**

Se puede optar por realizar siembra directa en el terreno o por llevar a cabo el proceso de trasplante de las plántulas cultivadas previamente en semilleros. Para llevar a cabo la técnica de siembra directa, es necesario realizar surcos de alrededor de 2 centímetros de profundidad en el suelo, manteniendo una separación entre cada planta de al menos 20 centímetros y entre las líneas de siembra de entre 30 a 40 centímetros. Este método de siembra contribuye a la conservación del suelo y a la reducción de la erosión, promoviendo así la sostenibilidad en la agricultura (Vélez et al., 2022).

Es altamente recomendable que las semillas sean debidamente empapadas en agua durante un período de tiempo adecuado antes de proceder con el proceso de siembra, ya que este procedimiento contribuye significativamente a estimular y acelerar el proceso de germinación de las mismas. El proceso de germinación suele tener lugar aproximadamente entre 10 a 15 días después de haber realizado la siembra en el suelo (Herbazet, 2024).

#### **2.3.6. Riego**

La betarraga, también conocida como remolacha, es una hortaliza que necesita ser regada de forma regular y con una cantidad abundante de agua, con el objetivo de garantizar que la tierra permanezca constantemente húmeda, evitando así que se produzcan encharcamientos que puedan perjudicar su desarrollo adecuado. Un riego insuficiente y desatendido puede causar que las raíces se rajen y se debiliten, mientras que un exceso

desmedido y descontrolado puede pudrir las y deteriorar gravemente la salud de la planta. Es fundamental encontrar el equilibrio adecuado para garantizar un crecimiento óptimo y una salud duradera en el suelo (Herbazet, 2024).

### **2.3.7. Control de malezas**

El control manual, es decir, la eliminación de las malas hierbas de forma manual, se considera el método más efectivo y preferido por muchos agricultores para mantener el cultivo libre de malezas no deseadas. Esto se puede llevar a cabo de manera efectiva mediante la realización de deshierbe manual entre las hileras de cultivo o empleando herramientas especializadas, tales como palas pequeñas o rastrillos de jardinería. El uso indiscriminado de herbicidas debe ser cuidadosamente evaluado y considerado como una medida extrema, ya que puede tener impactos significativos y duraderos en la biodiversidad y en los ecosistemas naturales. Es fundamental priorizar métodos de control de plagas más sostenibles y respetuosos con el entorno, como la rotación de cultivos, el manejo integrado de plagas y el uso de prácticas agrícolas ecológicas (Castillo, 2004).

### **2.3.8. Plagas de betarraga**

**2.3.8.1. Pulgón negro de la remolacha (*Aphis fabae*)**, un insecto que se alimenta de la savia de la planta, debilitándola y transmitiendo enfermedades virales. Para controlar su población, se recomienda fomentar la presencia de enemigos naturales como las mariquitas y los sírfidos, así como aplicar extractos de ajo o jabón potásico. En infestaciones severas, se pueden emplear insecticidas específicos.

**2.3.8.2. Mosca de la remolacha (*Pegomyia hyoscyami*)**, cuyas larvas perforan las hojas y forman galerías que disminuyen la capacidad fotosintética de la planta. Para evitar su propagación, es recomendable instalar mallas antiinsectos y trampas adhesivas amarillas. En casos graves, se pueden aplicar productos biológicos como *Bacillus thuringiensis*.

**2.3.8.3. Nematodos del suelo (*Heterodera schachtii*)** representan una amenaza para las raíces de la betarraga, causando deformaciones y reduciendo la absorción de nutrientes. Para prevenir su presencia, se recomienda realizar rotación de cultivos con gramíneas, aplicar materia orgánica y biofumigación con mostaza o rábano, además de utilizar variedades resistentes.

**2.3.8.4. Gusano cortador (*Agrotis spp.*)** es otra plaga que afecta las plántulas, cortando los tallos a nivel del suelo y provocando la muerte de las plantas jóvenes. Su control incluye la eliminación de malezas, el uso de trampas con cebos tóxicos y la aplicación de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*.

**2.3.8.5. Trips (*Frankliniella occidentalis*)** se alimentan de la savia de las hojas, provocando deformaciones y necrosis. Para su manejo, se recomienda el uso de trampas adhesivas azules y la aplicación de aceite de neem o jabón potásico. También se pueden introducir ácaros depredadores como *Amblyseius swirskii* para controlar su población.

### **2.3.9. Enfermedades de la betarraga**

**2.3.9.1. Cercosporiosis (*Cercospora beticola*)**, que se manifiesta con manchas circulares marrones en las hojas, reduciendo su capacidad fotosintética. Para prevenirla, se recomienda la rotación de cultivos, la aplicación de fungicidas a base de cobre y evitar el riego por aspersión para reducir la humedad en el follaje.

**2.3.9.2. Virus rizomania (*Beet necrotic yellow vein virus* - BNYVV)**, un virus transmitido por el hongo del suelo *Polymyxa betae*, que provoca deformaciones y necrosis en la raíz. Para su manejo, es fundamental utilizar variedades resistentes, evitar el exceso de humedad en el suelo y desinfectar herramientas y maquinaria agrícola.

**2.3.9.3. Mildiu (*Peronospora farinosa*)** es una enfermedad fúngica que se presenta con un moho grisáceo en el envés de las hojas, dificultando su desarrollo. Para prevenirlo, se recomienda aplicar fungicidas preventivos como azufre o cobre, espaciar adecuadamente las plantas para mejorar la ventilación y realizar rotación de cultivos.

**2.3.9.4. Podredumbre de la raíz (*Rhizoctonia solani*)** es otro problema que afecta la betarraga, provocando pudrición en las raíces, especialmente en suelos con alta humedad. Para evitarla, es fundamental mejorar el drenaje del suelo, evitar el exceso de riego y aplicar *Trichoderma* spp. como control biológico.

**2.3.9.5. El oídio (*Erysiphe betae*)** se presenta como un polvo blanco en las hojas, afectando su crecimiento y reduciendo la producción. Para controlarlo, se pueden aplicar tratamientos con azufre en polvo o bicarbonato de sodio, así como favorecer la circulación de aire en el cultivo y evitar el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados.

### **2.3.10. Cosecha**

La betarraga, está lista para ser cosechada aproximadamente tres meses después de haber sido sembrada en el suelo. Es importante esperar a que la raíz alcance un tamaño adecuado antes de proceder con la cosecha, ya que esto garantizará su sabor y textura óptimos. Una vez que la betarraga haya alcanzado su pleno desarrollo, se puede arrancar del suelo con cuidado para ser utilizada en diversas recetas culinarias. Para llevar a cabo una cosecha exitosa, es fundamental recolectar todas las hojas de manera meticulosa y proceder a extraer la planta del suelo con sumo cuidado. Es altamente recomendable esperar a que las raíces hayan alcanzado un tamaño óptimo antes de proceder con la cosecha, ya que esto garantizará la máxima calidad del producto final (Hoyos, 2023).

### **2.3.8. Compost**

El compostaje es un proceso natural de descomposición de materia orgánica que se convierte en un abono orgánico rico en nutrientes beneficiosos para el crecimiento y desarrollo saludable de las plantas en el jardín o huerto. La evaluación de la calidad del compost se lleva a cabo a través de la consideración de diversos parámetros que nos ofrecen información acerca de su nivel de madurez y su capacidad para actuar como un eficaz fertilizante orgánico (Zschaeffer, 2019).

### **2.3.9. Parámetros del compost**

Una elevada humedad por encima del 60% puede ser un indicativo de posibles dificultades en la adecuada aireación del proceso, en tanto que porcentajes por debajo del umbral del 30% podrían denotar una falta de estabilización óptima en el compost (Vélez et al., 2022).

Un porcentaje de materia orgánica inferior al 30% podría indicar la presencia de impurezas como arena o minerales, en tanto que un valor superior al 60% señala que los desechos no han experimentado un proceso de compostaje adecuado (Zschaeffer, 2019)

Una proporción elevada de carbono a nitrógeno puede indicar un compost orgánico inmaduro, lo cual puede afectar negativamente la disponibilidad de nutrientes, en especial de nitrógeno, para el crecimiento óptimo de las plantas en el suelo (Oudou, 2020)

Valores ideales recomendados para mantener un equilibrio óptimo en el cuerpo: 6.5-8.5. Estos valores son considerados como el rango ideal para garantizar un funcionamiento adecuado de los procesos fisiológicos (Flores y Carranza, 2006).

Un nivel de pH excesivamente elevado puede ocasionar la liberación de amoníaco y la generación de olores desagradables, en tanto que un nivel de pH extremadamente bajo puede tener un impacto negativo en la actividad microbiana (Ayala et al., 2020)

### **2.3.10. Nutrientes**

El contenido de nitrógeno se encuentra entre el 1.0% y el 2.5%, entre tanto, el contenido de fósforo: 0.40-1.2% en peso. El fósforo es un elemento químico esencial para numerosos procesos biológicos y se encuentra en una amplia variedad de compuestos. El contenido de potasio esta entre 0.50 - 1.3%. El potasio es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas. La concentración de estos nutrientes es altamente variable y está directamente influenciada por el tipo de residuos orgánicos empleados en el proceso de compostaje, así como

por la técnica específica utilizada para llevar a cabo la descomposición de la materia orgánica (Flores y Carranza, 2006)

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **2.3.1. Compost:**

El compostaje es el proceso controlado de separación de materiales orgánicos que da lugar al compost, un producto final muy valorado. En esta actividad se lleva a cabo la conversión de desechos como sobras de comida, ramas y excrementos, mediante la intervención de seres diminutos como bacterias y hongos. El compostaje contiene una gran cantidad de compuestos húmicos, los cuales incrementan la calidad del suelo y son fundamentales para el desarrollo de las plantas (Quintana, 2010).

### **2.3.2. Fertilizante orgánico**

Los fertilizantes orgánicos son sustancias biológicas de origen animal o vegetal que se emplean para enriquecer la tierra y suministrar elementos nutritivos fundamentales a las plantas. A diferencia de los fertilizantes inorgánicos, que son artificiales y pueden causar problemas a largo plazo en la salud del suelo, los fertilizantes orgánicos enriquecen la tierra al incrementar su presencia de materia orgánica y actividad de microorganismos. Sustancia natural que nutre las plantas y mejora el suelo (Pec, 2024).

### **2.3.3. Descomposición aeróbica**

El proceso de análisis aeróbico se refiere a la revisión de la materia orgánica en presencia de oxígeno, culminando en la generación de productos como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el agua (H<sub>2</sub>O). Este procedimiento es esencial para la degradación de desechos orgánicos y es ejecutado principalmente por microorganismos, tales como bacterias y hongos, que necesitan oxígeno para su metabolismo (German, 2020).

#### **2.3.4. *Microorganismos***

Los microorganismos son un grupo diverso de entidades microscópicas que desempeñan funciones cruciales en varios ecosistemas. Incluyen bacterias, arqueas, protistas, virus y hongos, cada uno de los cuales contribuye de manera única a los procesos biológicos. Las bacterias, por ejemplo, son organismos unicelulares que forman una parte vital del microbioma humano y participan en el ciclo de los nutrientes y la fertilidad del suelo (Hajime, 2018).

#### **2.3.5.. *Mesófila***

Las bacterias mesófilas prosperan a temperaturas moderadas (de 20 °C a 45 °C) y desempeñan un papel crucial en los procesos de fermentación y descomposición, que son vitales tanto para los ecosistemas naturales como para las aplicaciones industriales (Martyniuk, 2009).

#### **2.3.6.. *Termófila***

Estos microorganismos extremófilos son esenciales para un metabolismo anaeróbico altamente eficiente, ya que prosperan en ambientes de alta temperatura, lo que incrementa significativamente la actividad metanogénica específica. (Van, 1995).

#### **2.3.7.. *Enfriamiento y Maduración***

El enfriamiento y la maduración del compost son fases críticas en el proceso de compostaje que influyen en la calidad y estabilidad del producto final. La fase de maduración, que sigue a la fase de degradación intensiva, suele durar de 2 a 3 meses e implica una aireación reducida y una estabilización de la temperatura (Bozym, 2020)

#### **2.3.8.. *Nutrientes del compost***

El compost es una valiosa enmienda orgánica que enriquece el suelo con nutrientes esenciales, mejorando su fertilidad y estructura. Por lo general, contiene cantidades

significativas de nitrógeno (2%), fósforo (0,5— 1,0%) y potasio (alrededor del 2%), junto con oligoelementos vitales para el crecimiento de las plantas (Tanaje et al., 2024)

### **2.3.9. Proporción Carbono-Nitrógeno (C)**

La relación carbono-nitrógeno (C/N) es un factor crítico que influye en la calidad y madurez del compost. Las proporciones C/N óptimas varían según los materiales utilizados y los resultados deseados. Las investigaciones indican que una relación C/N de alrededor de 20:1 es generalmente favorable para los procesos de compostaje, ya que promueve la actividad y la estabilidad microbianas (Yabin et al., 2021).

### **2.3.10. Aireación**

La aireación del compost es un factor crítico para optimizar el proceso de compostaje, ya que influye tanto en la eficiencia de la degradación de la materia orgánica como en la calidad del producto final. Se han estudiado varios métodos de aireación, como la aireación forzada, la aireación dinámica y los regímenes de varias etapas, para mejorar los resultados del compostaje (Oliveira et al., 2019)

### **2.3.11. Humedad**

La humedad recomendada para el compost suele estar entre 40% y 60%, este rango permite que los microorganismos tengan suficiente agua para sobrevivir y realizar su trabajo de descomposición sin que se produzcan problemas asociados a un exceso o falta de humedad (Ghanney et al., 2023).

### **2.3.12. Materia orgánica**

La materia orgánica del compost desempeña un papel crucial en la mejora de la fertilidad y la estructura del suelo, el compostaje transforma los residuos orgánicos en materiales ricos en nutrientes, lo que contribuye al contenido de materia orgánica del suelo, que es esencial para el crecimiento de las plantas (Din, 2024).

### ***2.3.13. Suelo franco arenoso***

Los suelos arenosos limosos se caracterizan por su textura y propiedades únicas, que influyen en diversos procesos agrícolas y ambientales, estos suelos presentan un importante potencial de consumo de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), sobre todo en condiciones de inundación, como han demostrado los estudios que muestran una interceptación de más del 95% del N<sub>2</sub>O en los arrozales arcillosos y arenosos (Meek et al., 1992).

### ***2.3.14. Estructura del suelo***

La estructura del suelo es un componente esencial que influye en múltiples funciones del suelo; la porosidad y la conectividad de los poros son indicadores clave de la funcionalidad del suelo; la materia orgánica y la biota son determinantes cruciales en la formación y estabilización de la estructura del suelo; las prácticas de manejo adecuadas pueden mejorar la estructura del suelo, mientras que los factores físicos y químicos también juegan un papel significativo, la caracterización precisa de la estructura del suelo requiere el uso de técnicas avanzadas que permitan un análisis detallado a diferentes escalas (Gerard et al., 2007).

### ***2.3.15. Retención de humedad***

La retención de humedad es un aspecto crucial en diversos campos como la construcción, la agricultura y la remediación ambiental., es la capacidad de un material para mantener el agua en su estructura, lo cual puede influir en su comportamiento y funcionalidad (Janssen et al., 2016).

### ***2.3.16. Control de erosión***

El control de la erosión del suelo es crucial para mantener la productividad agrícola, la sostenibilidad ambiental y la calidad del agua; diversas técnicas de conservación del suelo se han implementado en todo el mundo para mitigar los efectos de la erosión, especialmente en áreas agrícolas y regiones con alta pluviosidad (Xiong et al., 2018).

### **2.3.17. Hortaliza**

Las hortalizas son una parte esencial de la dieta humana, proporcionando una variedad de nutrientes y beneficios para la salud. Sin embargo, la definición y clasificación de las hortalizas puede variar según el contexto y el uso; las hortalizas son las partes comestibles de las plantas que se consumen como plato principal, en ensaladas y sopas, y pueden ser procesadas de diversas maneras, como frescas, secas, encurtidas o congeladas (Takeoka, 1999).

### **2.3.18. Rendimiento del cultivo**

El rendimiento del cultivo es una métrica crucial en la agricultura, que mide la cantidad de producción cosechada por unidad de superficie, generalmente expresada en kilogramos por hectárea o bushels por acre. Este rendimiento no solo refleja la eficiencia con la que se utiliza la tierra, sino que también influye directamente en la rentabilidad de las explotaciones agrícolas (Rockandbloom, 2022)

### **2.3.19. Preparación del suelo**

La preparación del suelo es un proceso fundamental en la agricultura que asegura condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas. A continuación, se describen los pasos clave para llevar a cabo una preparación efectiva del suelo (Alfaro, 2012).

### **2.3.20. Rotación de cultivos**

La rotación de cultivos es una técnica agrícola que implica alternar diferentes tipos de cultivos en la misma área a lo largo del tiempo. Esta práctica se utiliza para mejorar la salud del suelo, optimizar el uso de nutrientes y controlar plagas y enfermedades (Epifani, 2023)

### **2.3.21. Hortaliza de raíz**

Las hortalizas de raíz son aquellas plantas cultivadas principalmente por sus raíces comestibles. Estas raíces acumulan nutrientes y son una fuente importante de vitaminas y minerales para la dieta humana. A continuación, se presenta información relevante sobre su cultivo, tipos y beneficios nutricionales (Acces, 2023).

### **2.3.22. Condiciones climáticas ideales**

Las condiciones climáticas ideales varían según el tipo de cultivo y las especies vegetales específicas, la temperatura óptima para muchas plantas cultivadas en invernaderos se encuentra entre 10 y 30 °C, en general, temperaturas de 10-15 °C son mínimas, mientras que 30 °C es la máxima tolerable (Quispe, 2003).

### **2.3.23. Cultivo exitoso**

Para lograr un cultivo exitoso es fundamental seguir una serie de prácticas y estrategias que optimicen el rendimiento y la sostenibilidad de los cultivos (Chang et al., 2022)

### **2.3.24. Viabilidad económica**

La viabilidad económica es un concepto fundamental en la evaluación de proyectos, que determina si el retorno esperado de una inversión es superior al capital invertido y al riesgo asumido; este análisis se centra en la rentabilidad y es crucial para decidir si un proyecto debería llevarse a cabo (Condor, 2021).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

**3.1.1. Tipo de Investigación.** El presente estudio fue una investigación de tipo aplicada cuantitativo, orientada a la recopilación y análisis de datos numéricos para comprender las relaciones entre variables (Alfaro, 2012).

**3.1.2. Nivel de Investigación.** El nivel de investigación fue experimental, dirigido a comprender las causas que ocasionan a los fenómenos observados. Mediante el empleo de métodos estadísticos y técnicas de análisis de datos, se busca identificar y evaluar las relaciones causales entre las variables de interés, con el propósito de avanzar en el conocimiento dentro del área de estudio (Toscano, 2018).

**3.1.3. Diseño de la investigación.** Se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con un total de 12 unidades experimentales, distribuidas en 3 bloques, donde cada bloque contiene 4 tratamientos correspondientes a 4 niveles de compost en el cultivo de betarraga. El nivel de significancia ( $\alpha$ ) será de 0.05. Para la comparación de medias entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey. El modelo estadístico empleado será:

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

**donde:**

- $Y_{ij}$  es la respuesta observada en la  $i$ -ésima unidad experimental del  $j$ -ésimo bloque,
- $\mu$  es la media general,
- $\tau_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento,
- $\beta_j$  es el efecto del  $j$ -ésimo bloque,
- $\epsilon_{ij}$  es el error experimental asociado a la unidad experimental.

**Tabla 1**  
*Modelo del análisis de varianza (ANVA)*

<b>Fuente variación</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F</b>
Tratamiento (T)	4-1= 3	SC <sub>T</sub>	CM <sub>T</sub> = SC <sub>T</sub> /3	F = CM <sub>T</sub> /
Bloque (B)	3-1=2	SC <sub>B</sub>	CM <sub>B</sub> = SC <sub>B</sub> /2	
Error (E)	3 x 2 =6	SC <sub>E</sub>	CM <sub>E</sub> = SC <sub>E</sub> /6	
Total	12-1=11	SC <sub>T</sub> + SC <sub>B</sub> + SC <sub>E</sub>		

*Nota:* (Elaboración propia, 2023)

**Tabla 2**

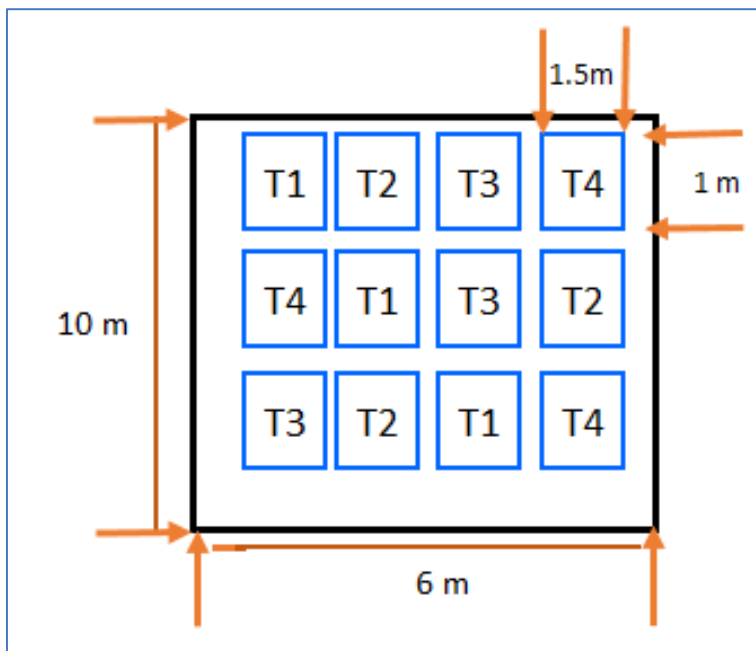
*Descripción de los tratamientos de DBCA con 4 tratamientos distribuidos en 3 bloques*

<b>Tratamiento</b>	<b>Combinación</b>	<b>Descripción</b>
T1	b x n1	Betarraga x nivel 3 (7000 kg/ha)
T2	b x n2	Betarraga x nivel 2 (3500 kg/ha)
T3	b x n3	Betarraga x nivel 1 (1000 kg/ha)
T4	b x n4	Betarraga sin nivel de compost (Testigo)

*Nota:* (Elaboración propia, 2023)

**Figura 1**

*Distribución de tratamientos en el diseño bloque completamente al azar*



*Nota:* Los tratamientos se distribuyen al azar.

### **3.3.2.1. Características del campo experimental**

Largo del terreno experimental	: 10.00 m
Ancho del terreno experimental	: 6.00 m
Área total del experimento	: 60.00 m <sup>2</sup>
Área del experimento	: 36.00 m <sup>2</sup>
Largo de la unidad experimental	: 1.5 m
Ancho de la unidad experimental	: 1.00 m
Área neta de Unidad Experimental	: 1.50 m <sup>2</sup>
Distancia entre unidades experimentales	: 0.20 m
Distancia entre plantas	: 0.20 m
Total de plantas por unidad experimental	: 25
Total de plantas por experimento	: 300
Número de tratamientos	: 4

Número de bloques : 3

Número de UE : 12

## **3.2. Población y muestra**

### ***3.2.1. Descripción de la población***

La población de estudio estará compuesta por un total de 300 plantas distribuidas a lo largo de toda la parcela experimental. La parcela se divide en varias unidades experimentales, cada una conformada por 25 plantas. Esta estructura de la población permite una evaluación detallada de los efectos experimentales dentro de un contexto controlado y homogéneo. La definición precisa del tamaño y la distribución de las unidades experimentales asegura la validez y la fiabilidad de los resultados obtenidos durante la investigación, permitiendo una adecuada interpretación y generalización de los hallazgos. Según Huilca (2015), "Una correcta definición y descripción de la población experimental es crucial para el diseño del estudio, ya que establece el marco dentro del cual se realizarán las observaciones y se aplicarán los tratamientos"

### ***3.2.2. Selección de la Muestra***

La muestra para este estudio consistió en un total de 171 plantas seleccionadas aleatoriamente a lo largo de toda la parcela experimental. Cada unidad experimental, consta de 25 plantas, de las cuales, se seleccionaron 14 plantas para su inclusión en el análisis usando la fórmula de Yamane, propuesta por el estadístico japonés Taro Yamane en su artículo de 1967 titulado "Fórmulas matemáticas para la determinación del tamaño de la muestra". Según (Anoke, 2020), esta fórmula se utiliza comúnmente en investigaciones con poblaciones finitas, como es el caso de este estudio, su aplicación es fundamental, ya que proporciona un cálculo preciso y fiable para asegurar que la muestra seleccionada sea representativa, minimizando así el margen de error, esta fórmula es ampliamente utilizada en diversas áreas de investigación,

especialmente en campos como la investigación social, agrícola y de ciencias aplicadas, debido a su simplicidad y efectividad para determinar el tamaño adecuado de la muestra

Fórmula de Yaname:

$$n = \frac{N}{1 + N \times e^2}$$

Donde:

N = Población total

e = Nivel de error aceptable (0.05%)

La selección se llevó a cabo mediante la técnica de muestreo aleatorio probabilístico, lo cual asegura que cada planta de la parcela tenga una probabilidad conocida y no nula de ser incluida en la muestra. Este método de muestreo es fundamental para garantizar la representatividad de la muestra y minimizar sesgos, permitiendo así una generalización más precisa de los resultados obtenidos a partir de la muestra hacia la población total. Según López (2016), "El muestreo aleatorio probabilístico proporciona una base sólida para la inferencia estadística, asegurando que cada unidad de la población tenga una probabilidad conocida de ser seleccionada, lo que permite realizar inferencias válidas y generalizables".

### **3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Se empleó la técnica de observación de la planta de betarraga (*Beta vulgaris*) sometida a cuatro niveles de compost durante todo el ciclo fenológico del cultivo, abarcando desde la siembra hasta la cosecha. Este enfoque permitió monitorear de manera constante el desarrollo del cultivo y evaluar los efectos de cada tratamiento en sus distintas etapas.

El instrumento principal de recolección de datos fue una ficha de campo estructurada, en la cual se registraron todas las observaciones pertinentes relacionadas con el comportamiento de las plantas bajo los diferentes tratamientos experimentales. En cuanto a los

equipos de medición utilizados, se emplearon diversos instrumentos de precisión para obtener datos detallados y exactos sobre las características físicas de las plantas.

Una balanza de precisión se utilizó para medir el peso de las betarragas cosechadas, lo que permitió obtener registros precisos de la producción por planta en función de los niveles de compost aplicados. La alta precisión de la balanza facilitó la obtención de resultados fiables en cuanto a la biomasa acumulada y, en consecuencia, a la productividad del cultivo.

El vernier digital fue utilizado para medir con exactitud el diámetro y otras dimensiones relevantes de las betarragas, permitiendo una evaluación más detallada de las características morfológicas del cultivo, especialmente en la fase de cosecha. La precisión de este instrumento resultó esencial para realizar comparaciones objetivas entre los tratamientos.

El flexómetro, por su parte, se empleó para medir la altura de las plantas, permitiendo la evaluación del crecimiento vertical a lo largo de las distintas fases fenológicas. Este instrumento, al ser flexible y de fácil uso, proporcionó medidas rápidas y fiables de la estructura de la planta, lo que contribuyó al análisis de la respuesta del cultivo a los diferentes niveles de compost.

El uso conjunto de estos instrumentos garantizó la recolección de datos precisos y representativos, facilitando un análisis más exhaustivo del impacto de los distintos niveles de compost en la producción de betarraga.

### **3.4. Aplicación de instrumentos de evaluación, tabulación y procesamiento**

Los datos recolectados durante el proceso de crecimiento de las plantas serán organizados cuidadosamente en tablas de Excel para facilitar su análisis. Se realizará un análisis estadístico exhaustivo, que incluirá un análisis de varianza y pruebas de medias, con el fin de evaluar la influencia de los diferentes tratamientos sobre el crecimiento de las plantas.

A lo largo del proceso, se registraron variables clave como la estatura de las plantas, la cantidad de hojas, el grosor de las raíces y otros parámetros morfológicos y productivos. Estas

mediciones se llevaron a cabo de manera regular, permitiendo una evaluación continua del impacto de los distintos tipos de abono sobre el desarrollo de las plantas y la producción de betarraga.

Una vez tabulados los datos, se emplearon métodos estadísticos apropiados para determinar el efecto de cada intervención en la producción de la cosecha. A través de un análisis detallado de los resultados, se identificaron las diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, lo que permitió comprender cómo cada tipo de abono influyó en el crecimiento y la productividad de las plantas.

Finalmente, se discutieron las implicaciones de los hallazgos obtenidos, proporcionando recomendaciones valiosas para futuras investigaciones y prácticas agrícolas. Estos resultados permitirán optimizar las estrategias de cultivo y aplicar técnicas más efectivas en el manejo de cultivos de betarraga.

### **3.5. Ética Investigativa.**

Se garantizó que las plantas de betarraga fueran manejadas con delicadeza y consideración a lo largo de toda la investigación. Se evitaron acciones que pudieran perjudicarles sin necesidad, y se les garantizarán las mejores condiciones para su desarrollo y bienestar. Los recursos naturales, como el suelo y el agua, fueron empleados de forma responsable y sostenible. Se redujo al mínimo cualquier efecto perjudicial en el entorno natural y se fomentaron métodos agrícolas que respetan la diversidad biológica y los ecosistemas de la zona. La integridad científica del estudio se aseguró a través de un diseño meticuloso y la cuidadosa implementación de los procedimientos experimentales. Se impidió la manipulación engañosa de la información y se asegurará la imparcialidad al analizar los resultados. Se valoró de manera apropiada la aportación de todas las fuentes de datos y colaboradores que participaron en la investigación. Se respetaron todas las disposiciones y reglas vigentes referentes a la exploración agrícola y el manejo de cosechas.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Confiabilidad del instrumento

El instrumento utilizado para recopilar la información durante el desarrollo del experimento fue una detallada ficha de campo, diseñada específicamente para registrar de manera exhaustiva todas las observaciones relevantes que surgieran a lo largo del proceso experimental. Posteriormente, los datos recopilados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la significancia estadística de las diferencias observadas entre los grupos o tratamientos, lo que permitió validar la confiabilidad del instrumento y asegurar la robustez de los resultados obtenidos

**Tabla 3.**

*Análisis de fiabilidad mediante el método del coeficiente de variabilidad y nivel de significancia al 0.05*

Indicadores	Coeficiente de variabilidad (CV)	Nivel de significancia al 0.05
Longitud de la raíz	5.35 %	0.00032**
Diámetro ecuatorial de la raíz	3.87 %	$2.98 \times 10^{-05}***$
Altura de planta	5.35 %	0.00030***
Número de hojas por planta	4.23 %	0.000178***
Peso de raíces por hectárea (Rendimiento)	4.18 %	$2.3 \times 10^{-05}$
Peso de raíces por planta	4.18 %	$2.3 \times 10^{-05**}$
Peso fresco de residuos de cosecha por planta	4.19 %	$4.69 \times 10^{-05**}$

*Fuente:* Elaboración propia (2024)

En la tabla 3, se detalla minuciosamente los coeficientes de variabilidad (CV) de una amplia gama de indicadores relacionados con las diversas características

morfológicas y productivas de las plantas que fueron objeto de estudio. El coeficiente de variación (CV) es un indicador estadístico que muestra la dispersión relativa de los datos en comparación con su media aritmética. En el presente escenario, los valores oscilan en un rango que va desde el 3.87% hasta el 5.35%. Los indicadores que presentan una mayor variabilidad son la longitud de la raíz y la altura de la planta, ambos con un coeficiente de variación (CV) del 5.35%, lo cual indica una mayor diversidad en estas características morfológicas. Por otro lado, es importante destacar que el número de hojas por planta presenta el menor coeficiente de variabilidad, el cual se sitúa en un 4.23%, lo que sugiere una variabilidad relativamente baja en este aspecto. En líneas generales, los valores del coeficiente de variación para todos los indicadores presentan una tendencia a la baja, lo cual podría indicar una notable uniformidad en la muestra en lo que respecta a las características evaluadas. Estos datos recopilados durante el estudio son absolutamente esenciales para llevar a cabo una evaluación exhaustiva de la estabilidad y el comportamiento de las plantas en las condiciones específicas en las que se desarrolló la investigación. Además, estos datos podrían ser utilizados como punto de partida fundamental para investigaciones posteriores que se centren en el rendimiento y en la optimización genética de las diferentes especies vegetales que fueron analizadas en el estudio.

#### ***4.1.2. Análisis de datos cuantitativos***

##### **4.1.2.1. Longitud de la raíz**

**Tabla 4**

*Análisis de varianza (ANVA) de longitud de la raíz de betarraga.*

<b>Fuente Varianza</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F value</b>	<b>p-valor</b>	<b>Decisión</b>
<b>Bloque</b>	2	3.76	1.881	4.541	0.06296	No significativo
<b>Tratamiento</b>	3	44.38	14.794	35.720	0.00032***	Altamente significativo

<b>Error</b>	6	2.48	0.414
<b>Total</b>	11	50.62	4.605

*Nota.* Elaboración propia (2023).

La tabla 4, se observa el Análisis de Varianza (ANVA) de la longitud de la raíz de betarraga, donde los tratamientos implementados son altamente significativos, ya que presentan un p-valor de 0.00032 (muy inferior a 0.005). Esto sugiere que las diferencias observadas entre los tratamientos son estadísticamente significativas. Además, el valor de  $F = 35.720$  indica que las variaciones en la longitud de la raíz entre los tratamientos son mucho mayores que las variaciones debidas al error experimental, lo que refuerza la conclusión de que los tratamientos tienen un impacto sustancial sobre el desarrollo de la raíz de betarraga.

#### **Tabla 5**

*Prueba Tukey para la comparación de medias de la longitud de raíz de betarraga.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
T1: Betarraga x nivel 3 (7000 kg/ha)	14.5	A
T2: Betarraga x nivel 2 (3500 kg/ha)	12.9	A B
T3: Betarraga x nivel 1 (1000 kg/ha)	11.3	B
T4: Betarraga sin nivel de compost (Testigo)	9.30	C

*Nota.* Elaboración propia (2023).

En la tabla 5, se observan los resultados obtenidos a través del análisis de Tukey para la comparación de las medias de la longitud de la raíz de la betarraga revelan la presencia de disparidades significativas entre los diversos tratamientos que fueron sometidos a evaluación. El tratamiento con el nivel más alto de compost (T1, 7000 kilogramos por hectárea), con una media de 14.5 centímetros, muestra la mayor longitud de raíz y se clasifica en el grupo A según el análisis realizado. Este tratamiento

experimental no presenta diferencias estadísticamente significativas en comparación con el tratamiento T2 (3500 kg/ha), el cual registra una media de 12.9 centímetros y se clasifica en los grupos A y B, respectivamente. No obstante, tanto el tratamiento T1 como el tratamiento T2 muestran longitudes de raíz que son significativamente mayores en comparación con los tratamientos T3 y T4.

El tratamiento T3 (1000 kilogramos por hectárea), con una media de 11.3 centímetros, se agrupa en la categoría B, lo que indica que su longitud de raíz es superior a la del tratamiento testigo (T4), que sin la adición de compost mostró la longitud más reducida, con una media de 9.3 cm y se clasifica en el grupo C.

Estos resultados experimentales sugieren de manera concluyente que la incorporación de compost orgánico en el suelo tiene un efecto altamente beneficioso en el desarrollo y crecimiento de las raíces de la planta de betarraga, destacándose significativamente el tratamiento con el nivel más elevado de compost aplicado (7000 kilogramos por hectárea). Por otro lado, es importante mencionar que el grupo de plantas que no recibió compost como parte de su tratamiento experimental mostró un desarrollo radicular significativamente inferior en comparación con el grupo que sí fue tratado con compost, lo cual subraya la relevancia de la presencia de niveles adecuados de compost en el proceso de crecimiento radicular de estas plantas.

#### 4.1.2.2. Diámetro de la raíz

**Tabla 6**  
*Análisis de varianza (ANVA) del diámetro de la raíz de betarraga.*

<b>Fuente Varianza</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F value</b>	<b>p-valor</b>	<b>Decisión</b>
<b>Bloque</b>	2	0.502	0.251	2.728	0.144	No significativo
<b>Tratamiento</b>	3	22.483	7.494	81.511	$2.98 \times 10^{-05**}$	Altamente significativo
<b>Error</b>	6	0.552	0.092			

---

<b>Total</b>	11	23.537	2.138
--------------	----	--------	-------

---

*Nota.* Elaboración propia (2023).

La tabla 6 muestra la evaluación de varianza (ANOVA) del diámetro de la raíz de betarraga revela que los bloques experimentales no ejercen una influencia significativa sobre la variable, dado que el p-valor asociado a su variabilidad (0.144) supera 0.05, lo que sugiere que las discrepancias entre los bloques no poseen relevancia estadística. Por otro lado, los tratamientos implementados exhiben un p-valor excepcionalmente bajo de  $2.98 \times 10^{-5}$ , lo que los convierte en altamente significativos ( $p < 0.001$ ). El valor de  $F = 81.511$  evidencia que las variaciones en el diámetro de la raíz entre los tratamientos son considerablemente más significativas que las variaciones intragrupalas, lo que sugiere que los tratamientos ejercen un impacto significativo en el desarrollo de la raíz de betarraga.

### **Tabla 7**

*Prueba Tukey para la comparación de medias del diámetro de raíz de betarraga.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
T1: Betarraga x nivel 3 (7000 kg/ha)	9.53	A
T2: Betarraga x nivel 2 (3500 kg/ha)	8.43	B
T3: Betarraga x nivel 1 (1000 kg/ha)	7.50	C
T4: Betarraga sin nivel de compost (Testigo)	5.80	D

*Nota.* Elaboración propia (2023).

En la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos a través del análisis de Tukey para la comparación de las medias del diámetro de la raíz de la betarraga revelan la presencia de disparidades estadísticamente relevantes entre los diversos tratamientos que fueron sometidos a evaluación. El tratamiento con el nivel más alto de compost (T1, 7000 kilogramos por hectárea), que presenta una media de 9.53 centímetros,

destaca por tener el mayor diámetro de raíz y se clasifica en el grupo A. Estos resultados indican que es notablemente distinto de los tratamientos con niveles inferiores de compostaje.

El tratamiento T2 (3500 kilogramos por hectárea), con una media de 8.43 centímetros, se clasifica en el grupo B, lo cual indica que, a pesar de tener un diámetro superior al de los tratamientos T3 (1000 kilogramos por hectárea) y T4 (grupo control), es notablemente inferior al de T1.

El tratamiento T3 (1000 kilogramos por hectárea), con una medida promedio de 7.50 centímetros, se clasifica en la categoría C, lo cual señala que su tamaño de raíz es considerablemente superior al del tratamiento de control (T4), que presenta el diámetro más reducido, con una medida promedio de 5.80 centímetros y se clasifica en la categoría D.

Los resultados obtenidos en el estudio demuestran de manera concluyente que el nivel de compostaje aplicado al suelo tiene un impacto significativo en el desarrollo del diámetro de la raíz de betarraga. Es importante destacar que el tratamiento con una dosis de 7000 kg/ha resultó ser el más eficaz en términos de estimulación del crecimiento radicular, seguido muy de cerca por el tratamiento con 3500 kg/ha. Por otro lado, el grupo de control, que no recibió ninguna aplicación de compost, exhibió el menor diámetro radicular observado en el experimento.

#### 4.1.2.3. Altura de planta de betarraga

**Tabla 8.**

*Análisis de varianza (ANVA) de altura de planta de betarraga.*

<b>Fuente Varianza</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F value</b>	<b>p-valor</b>	<b>Decisión</b>
<b>Bloque</b>	2	3.76	1.88	4.54	0.06296	No significativo
<b>Tratamiento</b>	3	44.38	14.79	35.72	0.00032***	Altamente significativo

<b>Error</b>	6	2.48	0.41
<b>Total</b>	11	50.62	4.605

*Nota.* Elaboración propia (2023).

La tabla 8 muestra el análisis de varianza (ANOVA) muestra que los bloques experimentales no ejercen un impacto significativo en la altura de la planta de Betarraga, dado que el p-valor vinculado a su variabilidad (0.06296) supera 0.05, lo que sugiere que las discrepancias entre los bloques no poseen relevancia estadística. Por otro lado, los tratamientos implementados ejercen una influencia sumamente significativa ( $p < 0.001$ ), con un valor de  $F = 35.72$ . Esto evidencia que las fluctuaciones en la altura de las plantas son notablemente mayores entre los tratamientos que dentro de los grupos, enfatizando así la relevancia de los tratamientos en el desarrollo de la betarraga.

### **Tabla 9**

*Prueba Tukey para la comparación de medias de altura de planta de betarraga.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
T1: Betarraga x nivel 3 (7000 kg/ha)	14.5	A
T2: Betarraga x nivel 2 (3500 kg/ha)	12.9	A B
T3: Betarraga x nivel 1 (1000 kg/ha)	11.3	B
T4: Betarraga sin nivel de compost (Testigo)	9.30	C

*Nota.* Elaboración propia (2023).

La Tabla 9 muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para la media de altura de las plantas de betarraga bajo distintos tratamientos de aplicación de compost. Los tratamientos que se analizaron fueron: Tratamiento 1 (7000 kg/ha), Tratamiento 2 (3500 kg/ha), Tratamiento 3 (1000 kg/ha) y Tratamiento 4 (sin aplicación de compost, control). Las medias obtenidas fueron clasificadas de acuerdo a

la homogeneidad de las varianzas, mostrando el efecto de los diferentes niveles de compost en el crecimiento de la planta.

Los resultados indican que el tratamiento T1, con una dosis de 7000 kg/ha, exhibe la mayor altura promedio de las plantas, alcanzando los 14.5 cm. Este resultado se equipara al tratamiento T2, que utiliza 3500 kg/ha, con una altura media de 12.9 cm. Ambos tratamientos están designados con la letra A, lo cual indica que no existe una disparidad estadísticamente relevante entre ellos en cuanto a la altura de la planta.

Por otra parte, el tratamiento T3 (1000 kg/ha) muestra un promedio de 11.3 cm, lo que lo sitúa en una categoría distinta B en relación con T1 y T2. Esto sugiere que la aplicación de compost a este nivel tiene un impacto significativo en la disminución de la altura de la planta. Por último, el tratamiento T4 (sin compost) exhibe el valor más reducido, con una media de 9.30 cm, siendo clasificado en la categoría C. Esto respalda la teoría de que la falta de compost afecta de manera adversa el desarrollo de la betarraga en contraste con los tratamientos que incluyen compost.

#### 4.1.2.4. Número de hojas por planta de betarraga.

**Tabla 10.**

*Análisis de varianza (ANVA) de número de hojas por planta de betarraga.*

<b>Fuente Varianza</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F value</b>	<b>p-valor</b>	<b>Decisión</b>
<b>Bloque</b>	2	8.167	4.083	21.00	0.001953**	No significativo
<b>Tratamiento</b>	3	25.583	8.528	43.86	0.000178***	Altamente significativo
<b>Error</b>	6	1.167	0.194			
<b>Total</b>	11	34.917	3.174			

*Nota.* Elaboración propia (2023).

La tabla 10 muestra el análisis de varianza (ANOVA) en relación al número de hojas por planta de betarraga revela que los bloques experimentales muestran un p-valor de 0.001953, lo que sugiere que las discrepancias entre los bloques son altamente

significativas ( $p < 0.05$ ). No obstante, este fenómeno resulta insignificante para el análisis final, dado que la cantidad de hojas se ve predominantemente afectada por los tratamientos, los cuales exhiben un p-valor de 0.000178, considerado altamente significativo ( $p < 0.001$ ). El valor de  $F = 43.86$  corrobora esta inferencia, demostrando que las variaciones en la cantidad de hojas entre los tratamientos son considerablemente mayores que las variaciones intragrupalas.

**Tabla 11**

*Prueba Tukey para la comparación de número de hojas por planta de betarraga.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
T1: Betarraga x nivel 3 (7000 kg/ha)	12.33	A
T2: Betarraga x nivel 2 (3500 kg/ha)	11.00	B
T3: Betarraga x nivel 1 (1000 kg/ha)	10.00	B
T4: Betarraga sin nivel de compost (Testigo)	8.33	C

*Nota.* Elaboración propia (2023).

La tabla 11 muestra la aplicación de la Prueba Tukey a los datos relativos al número de hojas por planta de betarraga revela discrepancias estadísticamente notables entre los diversos tratamientos de compostaje. Los hallazgos de la tabla indican que el contenido de compost ejerce una influencia directa sobre el desarrollo foliar de la especie vegetal.

Respecto a los tratamientos, el T1 (7000 kg/ha) exhibe la mayor cantidad de hojas por planta, con un promedio de 12.33, y se clasifica en la categoría A. Esto sugiere que no existen diferencias significativas entre este tratamiento y los tratamientos con niveles inferiores de compost, siempre que se encuentren dentro de su misma categoría.

Los tratamientos T2 (3500 kg/ha) y T3 (1000 kg/ha), con medias de 11.00 y 10.00 hojas por planta, respectivamente, se clasifican en la categoría B. A pesar de que

ambos tratamientos exhiben una variación en la cantidad de hojas, esta no es tan significativa como para ser estadísticamente significativa entre ellos, pero sí en comparación con el tratamiento T2. No obstante, ambos métodos son notablemente superiores al tratamiento T4 (sin compost), que exhibe la media más baja, con únicamente 8.33 hojas por planta.

El tratamiento T4 (sin compost) se clasifica en la categoría C, indicando que la ausencia de compost tiene un impacto negativo en la producción de hojas de las plantas, en contraste con los tratamientos que incorporan compost, incluso en las dosis más reducidas.

#### 4.1.2.5. Peso de raíces por hectárea de betarraga.

**Tabla 12.**

*Análisis de varianza (ANVA) de peso de raíces por hectárea de betarraga.*

<b>Fuente Varianza</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F value</b>	<b>p-valor</b>	<b>Decisión</b>
<b>Bloque</b>	2	1836600	918300	1.633	0.271	No significativo
<b>Tratamiento</b>	3	150204900	50068300	89.042	2.3 X 10 <sup>-05.**</sup>	Altamente significativo
<b>Error</b>	6	3373800	562300			
<b>Total</b>	11	154415300	14030482.73			

*Nota.* Elaboración propia (2023).

La tabla 12 muestra la evaluación de varianza (ANOVA) del peso de raíces por hectárea de betarraga revela que los bloques experimentales no ejercen una influencia significativa. El p-valor asociado a su variabilidad (0.271) supera 0.05, lo que sugiere que las discrepancias entre los bloques no poseen relevancia estadística. Por el contrario, los tratamientos implementados exhiben un p-valor de  $2.3 \times 10^{-5}$ , lo que los clasifica como altamente significativos ( $p < 0.001$ ). El valor de  $F = 89.042$  es notablemente elevado, lo que evidencia que las variaciones en el peso de las raíces por

hectárea entre los tratamientos son significativamente mayores que las variaciones intragrupalas.

**Tabla 13**

*Prueba Tukey para la comparación de peso de raíces por hectárea de betarraga.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
T1: Betarraga x nivel 3 (7000 kg/ha)	22400	A
T2: Betarraga x nivel 2 (3500 kg/ha)	19200	B
T3: Betarraga x nivel 1 (1000 kg/ha)	17400	C
T4: Betarraga sin nivel de compost (Testigo)	12620	D

*Nota.* Elaboración propia (2023).

La tabla 13 muestra la aplicación del análisis de la Prueba Tukey al peso promedio de raíces por hectárea de betarraga revela de manera concluyente la existencia de disparidades significativas entre los diversos tratamientos sometidos a evaluación, lo cual pone de manifiesto de forma inequívoca el impacto directo que ejercen los distintos niveles de compostaje en la productividad subterránea de la planta.

En primer lugar, es importante destacar que el tratamiento T1, con una dosis de 7000 kg/ha, muestra el peso más elevado de raíces por hectárea, alcanzando una media de 22,400 kg/ha, y se clasifica en la categoría A. Este hallazgo indica que la utilización de compost en la dosis más alta (7000 kg/ha) tiene un impacto significativo en el crecimiento de las raíces, lo que resulta en un mayor rendimiento por hectárea en comparación con las demás opciones de tratamiento disponibles.

El tratamiento T2 (3500 kilogramos por hectárea), con una producción media de 19,200 kilogramos por hectárea, se clasifica en la categoría B, lo cual sugiere que, a pesar de ser considerablemente menor que T1, continúa demostrando un desempeño superior en comparación con los tratamientos de menor cantidad de compost,

especialmente el tratamiento T3. Esto resalta claramente que, incluso al aplicar dosis intermedias de compost (aproximadamente 3500 kilogramos por hectárea), se puede apreciar un aumento significativo en el desarrollo de las raíces en comparación con el grupo de control, aunque no llega a los niveles alcanzados en la dosis más elevada.

Por otro lado, el tratamiento T3 (1000 kg/ha) presenta un peso de raíces de 17,400 kilogramos por hectárea, ubicándose en la categoría C, lo cual implica que su rendimiento radicular es inferior al de los tratamientos con mayores dosis de compost, pero aún así sigue siendo superior al de T4 (sin compost). Este tratamiento experimental refleja claramente un impacto positivo del compost orgánico, aunque su efecto resulta ser de menor magnitud en comparación con los niveles más elevados de aplicación de dicho material en el suelo.

Finalmente, el tratamiento T4 (sin la aplicación de compost orgánico), con un peso total de raíces de 12,620 kilogramos por hectárea, se ubica en la categoría D, lo cual señala que la ausencia de compost orgánico tiene un impacto notablemente menor en el estímulo del crecimiento de las raíces de la planta de betarraga. Este resultado muestra la relevancia y la trascendencia del compost como insumo fundamental para potenciar y optimizar el rendimiento y la productividad de las raíces, evidenciando diferencias significativas y notables en comparación con el tratamiento testigo.

#### 4.1.2.6. Peso de raíces por planta de betarraga.

**Tabla 14.**

*Análisis de varianza (ANVA) de peso de raíces por planta de betarraga.*

<b>Fuente Varianza</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F value</b>	<b>p-valor</b>	<b>Decisión</b>
<b>Bloque</b>	2	510	255	1.633	0.271	No significativo
<b>Tratamiento</b>	3	41724	13908	89.042	$2.3 \times 10^{-05**}$	Altamente significativo
<b>Error</b>	6	937	156			

---

<b>Total</b>	11	42.171	3834.64
--------------	----	--------	---------

---

*Nota.* Elaboración propia (2023).

La tabla 14 muestra la evaluación de varianza (ANOVA) del peso de raíces por planta de betarraga revela que los bloques experimentales no ejercen una influencia significativa sobre la variable, dado que el p-valor vinculado a su variabilidad (0.271) supera 0.05, lo que sugiere que las discrepancias entre los bloques no poseen relevancia estadística. Por el contrario, los tratamientos implementados exhiben un p-valor de  $2.3 \times 10^{-5}$ , lo que los clasifica como altamente significativos ( $p < 0.001$ ). El valor de  $F = 89.042$  es significativamente alto, lo que sugiere que las variaciones en el peso de las raíces por planta entre los tratamientos son considerablemente más significativas que las variaciones intragrupalas.

**Tabla 15**

*Prueba Tukey para la comparación de peso de raíces por planta de betarraga.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
T1: Betarraga x nivel 3 (7000 kg/ha)	373.33	A
T2: Betarraga x nivel 2 (3500 kg/ha)	320.00	B
T3: Betarraga x nivel 1 (1000 kg/ha)	290.00	B
T4: Betarraga sin nivel de compost (Testigo)	210.33	C

---

*Nota.* Elaboración propia (2023).

La tabla 15 muestra la aplicación de la Prueba Tukey al peso promedio de las raíces por planta de betarraga revela la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los diversos tratamientos analizados, lo cual resalta de manera contundente el impacto altamente beneficioso que tiene el compost en el crecimiento y desarrollo de las raíces a nivel individual de cada planta.

El tratamiento T1 (7000 kilogramos por hectárea), con una media de 373.33 gramos por planta, se clasifica en la categoría A, lo cual señala que este tratamiento produce un incremento notable en el peso de las raíces en relación con los demás tratamientos experimentales. Esta notable discrepancia entre los grupos experimentales indica que la aplicación de compost en la dosis más elevada presenta un impacto sumamente beneficioso en el crecimiento y desarrollo de las raíces de la betarraga en comparación con los otros niveles de dosificación.

Por otro lado, los tratamientos T2 (3500 kilogramos por hectárea) y T3 (1000 kilogramos por hectárea), con medias de 320.00 gramos y 290.00 gramos por planta, respectivamente, se agrupan en la categoría B. Esto implica que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre estos dos tratamientos en términos de peso de raíces por planta, pero ambos muestran un rendimiento superior al tratamiento T4 (sin aplicación de compost). A pesar de que la cantidad de compost aplicada es ligeramente menor en comparación con el tratamiento T1, ambos tratamientos siguen mostrando beneficios significativos en el crecimiento radicular en comparación con el grupo de control, lo cual resalta la importancia y ventajas de utilizar compost en dosis intermedias. Finalmente, el tratamiento T4 (sin compost), con una media de 210.33 gramos por planta, se ubica en la categoría C, lo cual indica que, al no aplicarse compost, el peso de las raíces por planta es notablemente inferior en comparación con los otros tratamientos. Este resultado experimental refuerza la conclusión previamente establecida de que la carencia de material orgánico para compostaje restringe significativamente el crecimiento y la expansión del sistema radicular de la planta de betarraga.

#### **4.1.2.6. Peso de residuos por planta de betarraga**

##### **Tabla 16.**

*Análisis de varianza (ANVA) de peso de residuos por planta de betarraga.*

<b>Fuente Varianza</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F value</b>	<b>p-valor</b>	<b>Decisión</b>
<b>Bloque</b>	2	450	225	6.231	0.0343*	Significativo
<b>Tratamiento</b>	3	16558	5519	152.84	4.69 x 10 <sup>-06**</sup>	Altamente significativo
<b>Error</b>	6	217	36			
<b>Total</b>	11	17225	1564.09			

*Nota.* Elaboración propia (2023).

La tabla 16 muestra la evaluación de varianza (ANOVA) del peso de residuos por planta de betarraga revela que los bloques experimentales ejercen una influencia significativa sobre la variable, dado que el p-valor vinculado a su variabilidad (0.0343) no supera 0.05, lo que sugiere que las discrepancias entre los bloques poseen diferencia estadística. Por el contrario, los tratamientos implementados exhiben un p-valor de 4.69 x 10<sup>-06</sup>, lo que los clasifica como altamente significativos ( $p < 0.001$ ). El valor de  $F = 152.84$  es significativamente alto, lo que sugiere que las variaciones en el peso de residuos por planta entre los tratamientos son considerablemente más significativas.

**Tabla 17**

*Prueba Tukey para la comparación de peso de residuos por planta de betarraga.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
T1: Betarraga x nivel 3 (7000 kg/ha)	233.33	A
T2: Betarraga x nivel 2 (3500 kg/ha)	206.66	B
T3: Betarraga x nivel 1 (1000 kg/ha)	176.66	C
T4: Betarraga sin nivel de compost (Testigo)	133.33	D

*Nota.* Elaboración propia (2023).

La tabla 17 muestra los resultados obtenidos indican que el tratamiento T1, que consistía en la combinación de betarraga con nivel 3 de compost, generó en promedio 233.33 kg de residuos por planta, siendo el tratamiento que produjo la mayor cantidad

de residuos. Este descubrimiento indica que los niveles superiores de compostaje benefician el crecimiento de la planta y, por ende, producen mayores cantidades de desechos orgánicos. En contraste, el tratamiento T2 con una dosis de 3500 kg/ha tuvo un promedio de 206.66 kg. Aunque este valor es inferior al de T1, se observó una diferencia significativa en comparación con el control (T4).

El tratamiento T3, con una cantidad de 1000 kg por hectárea, tuvo un promedio de 176.66 kg de residuos por planta, mientras que el testigo (T4) presentó 133.33 kg por planta. Se observaron disparidades significativas entre ambos, resaltando que a pesar de que el nivel más bajo de compost aumenta la cantidad de residuos en comparación con el testigo, su impacto es considerablemente inferior al de los tratamientos con concentraciones más altas de compost.

## **4.2. Discusiones**

### ***4.2.1. En relación al objetivo general***

El efecto de diferentes niveles de compost descompuesto influyen en la producción y calidad del cultivo de betarraga en Latapuquio, este resultado coincide con la afirmación de Eraqui et al. (2023), quien afirma que las variaciones en los niveles de fertilizante orgánico ejercen una influencia considerable en la producción y la calidad de la remolacha en su investigación se reporta que la aplicación de vermicompost y estiércol de aves de corral (T4) conducía a parámetros óptimos de crecimiento, rendimiento y calidad, incluyendo el contenido de betalaína en comparación con otros tratamientos en el cultivo de betarraga; así mismo, Nemeat Alla et al. (2019), menciona que un rendimiento óptimo con 30 m<sup>3</sup> de compost adicionales a 200 ppm de boro, ha registrado avances notables en el crecimiento y la calidad a través de los tratamientos implementados en el cultivo de betarraga.

#### **4.2.2. En relación a los objetivos específicos**

El primer objetivo específico reporta que el uso de distintos niveles de compost descompuesto influye en el crecimiento radicular de las plantas de betarraga, aplicando 7000 kg/ ha, se observa un crecimiento radicular promedio de 14.5 cm, este resultado coincide con Marques *et al.*, (2010) quien afirma que los fertilizantes orgánicos como el compost y el estiércol pueden influir positivamente en el crecimiento y el rendimiento de las raíces en varios cultivos; en el cultivo de betarraga, la aplicación de 80 t/ha de estiércol de ganado mejoró la producción de raíces, la altura de la planta y las características químicas, caso similar reporta Campos *et al.* (2020) quien menciona que la combinación de compost (100-200 kg/árbol) con fertilizantes químicos y lixiviado de humus de lombriz mejoró el desarrollo superficial de las raíces, lo que se correlacionó con un mayor rendimiento y concentraciones de nutrientes en el suelo, entre tanto, Rodríguez *et al.* (2016) menciona que la aplicación de compost demostró efectos beneficiosos sobre los parámetros del suelo y los indicadores de crecimiento de las plantas, aunque algunas métricas no mostraron diferencias significativas en comparación con el tratamiento con biol, finalmente, Vélez *et al.* (2022) asevera que el compost elaborado a partir de residuos de filtración de la industria petrolera en betarraga encontró que la dosis óptima mejoró las características físicas y químicas del cultivo, incluida la longitud de la planta y el peso total de la planta.

El segundo objetivo específico reporta de manera concluyente que el nivel de compostaje aplicado al suelo tiene un impacto significativo en el desarrollo del diámetro de la raíz de betarraga, este resultado coincide con la afirmación de Vélez *et al.* (2022) menciona que el compost obtenido a partir de la descomposición de residuos industriales y agrícolas ha demostrado ser altamente beneficioso para el cultivo de remolacha (*Beta vulgaris* L.), ya que contribuye significativamente a la mejora de sus propiedades físicas y químicas, como resultado se determinó una dosis óptima de

aplicación que resultó en un notable incremento en la longitud, peso y diámetro de las plantas de betarraga; por su parte, Oropeza y Russián (2008), menciona que las plantas que fueron cultivadas en sustratos enriquecidos con compost orgánico obtenido a partir de residuos agroindustriales presentaron un incremento significativo en su altura, biomasa y proporciones de raíz a raíz, así mismo mencionan que la implementación del proceso de Vermicompostaje tuvo un impacto sumamente beneficioso en el desarrollo inicial de las plántulas especialmente cuando se utilizaron concentraciones más elevadas (alrededor del 10%), las cuales demostraron consistentemente generar efectos superiores en cuanto a la longitud y fortaleza de las raíces, así como en el peso fresco y seco en una variedad de portainjertos evaluado.

El tercer objetivo específico reporta en el análisis de la Prueba Tukey aplicado al peso promedio de raíces por hectárea y por planta de betarraga evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, lo que subraya el impacto directo de los niveles de compostaje en la productividad subterránea y el desarrollo individual de las raíces. En particular, el tratamiento T1, que utilizó el nivel 3 de compost, registró el mayor rendimiento promedio con 233.33 kg de residuos por planta, destacándose como el más efectivo en promover el crecimiento vegetal y la generación de desechos orgánicos. En contraste, el tratamiento T2, con una dosis de 3500 kg/ha, alcanzó un promedio de 206.66 kg, mostrando también un efecto positivo significativo en comparación con el control (T4), aunque inferior al de T1. Estos resultados corroboran que niveles superiores de compostaje contribuyen de manera significativa a mejorar el rendimiento y desarrollo de la betarraga, esta información coincide con Muhammad et al. (2023) el tratamiento con T1 demostró un rendimiento significativamente superior de las raíces, lo cual se alinea perfectamente con los hallazgos científicos que indican que las enmiendas orgánicas, tales como el compost,

tienen un impacto positivo en el desarrollo y la absorción de nutrientes por parte de las raíces, por su parte, Mohammed et al. (2010), manifiesta que la efectividad comparativa de los diferentes métodos de fertilización en numerosos estudios científicos demuestran de manera concluyente que el compost orgánico sobrepasa significativamente a los fertilizantes sintéticos en lo que respecta a estimular el crecimiento y fortalecimiento del sistema radicular, así como en la mejora integral de la salud y vitalidad de las plantas en cuestión, a su vez, Mbagmu (2015), manifiesta que la disponibilidad de nutrientes en el suelo se incrementa significativamente gracias a la aplicación regular de compost orgánico, el cual aporta una amplia gama de nutrientes esenciales para el óptimo desarrollo de las plantas, lo que se traduce en un notable aumento en la productividad y los rendimientos de los cultivos, por su parte, Aware (2024), menciona que la salud y calidad del suelo se ven directamente influenciadas por la incorporación regular de abono orgánico, ya que este contribuye de manera significativa a la mejora de la estructura física, la biodiversidad microbiana y la fertilidad del suelo. Este proceso es de vital importancia para garantizar la viabilidad a largo plazo de prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

### **4.3. Contrastación de hipótesis**

#### ***4.3.1. Planteamiento de la hipótesis.***

##### **4.3.1.1. Planteamiento de la hipótesis general**

**Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):** El uso de los diferentes niveles de compost descompuesto no presenta un efecto significativo en la producción y calidad de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024.

**Hipótesis Alterna (H<sub>a</sub>)** El uso de los diferentes niveles de compost descompuesto presenta un efecto significativo en la producción y calidad de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024.

#### **4.3.1.2. Planteamiento de la hipótesis específica 1**

**H0:** Los distintos niveles de compost descompuesto no influyen significativamente en el crecimiento radicular de las plantas de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024, favoreciendo un mayor desarrollo de raíces a medida que aumenta la cantidad de compost aplicado.

**Ha:** Los distintos niveles de compost descompuesto influyen significativamente en el crecimiento radicular de las plantas de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024, favoreciendo un mayor desarrollo de raíces a medida que aumenta la cantidad de compost aplicado

#### **4.3.1.3. Planteamiento de la hipótesis específica 2**

**H0:** Los niveles óptimos de compost descompuesto no contribuirán al crecimiento y desarrollo adecuado del follaje de las plantas de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024.

**Ha:** Los niveles óptimos de compost descompuesto contribuirán al crecimiento y desarrollo adecuado del follaje de las plantas de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024..

#### **4.3.1.4. Planteamiento de la hipótesis específica 3**

**H0:** La aplicación de compost descompuesto en diferentes niveles no incrementa el peso y la productividad de la betarraga en la zona de Latapuquio – Lircay durante el año 2024.

**Ha:** La aplicación de compost descompuesto en diferentes niveles incrementa el peso y la productividad de la betarraga en la zona de Latapuquio – Lircay durante el año 2024

#### **4.3.2. Determinación del nivel de significancia**

En la hipótesis general y específicas el nivel de significancia que se utilizó para el parámetro Alfa fue del 95 por ciento. El margen de error permitido es de hasta un máximo del 0.05%, lo que garantiza la precisión de los resultados obtenidos.

$$\alpha = 95 \%$$

$$\text{Error} = 0.05$$

#### **4.3.3. Elección de la prueba estadística**

**4.3.3.1. Elección de la prueba estadística del objetivo general.** La hipótesis general se contrastó mediante el análisis de varianza (ANVA) realizado en la investigación. Los resultados muestran que el valor p asociado a los tratamientos es 0.00032, lo que es significativamente menor que 0.05. Este p-valor bajo indica que los tratamientos (diferentes niveles de compost) tienen un impacto altamente significativo en la producción y calidad de la betarraga. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, confirmando que los niveles de compost efectivamente influyen en la producción de betarraga.

**4.3.3.2. Elección de la prueba estadística del objetivo específico 1.** El ANVA para la longitud de la raíz muestra un p-valor de 0.00032 y un valor de F de 35.720, lo que demuestra que las diferencias en la longitud de las raíces entre los tratamientos son altamente significativas. Los tratamientos con más compost (7000 kg/ha y 3500 kg/ha) muestran una mayor longitud de raíz, lo que confirma que a medida que aumenta la cantidad de compost, también lo hace el desarrollo radicular. Esto permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, confirmando que los niveles de compost afectan significativamente el crecimiento de las raíces de la betarraga.

**4.3.3.3. Elección de la prueba estadística del objetivo específico 2.** El análisis de los datos de la altura de las plantas también muestra que los tratamientos con mayor

cantidad de compost (7000 kg/ha) tienen un efecto positivo en el desarrollo de las plantas. El p-valor para los tratamientos fue 0.00032, lo que es altamente significativo, y el valor de F fue 35.72, lo que resalta el impacto positivo de los tratamientos en el desarrollo del follaje. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, confirmando que el compost influye en el crecimiento y desarrollo del follaje de la betarraga.

**4.3.3.4. Elección de la prueba estadística del objetivo específico 3.** Los resultados del análisis de varianza para el peso de las raíces y su rendimiento son consistentes con las hipótesis anteriores (p-valor muy bajo y F alto), los datos específicos de esta hipótesis aún deben ser evaluados. Sin embargo, con base en los resultados de la prueba de Tukey y el comportamiento observado en los tratamientos con más compost, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, concluyendo que el compost efectivamente incrementa el peso y la productividad de la betarraga.

#### ***4.3.4. Cálculo del valor tabular***

El valor F tabular se obtiene de la distribución F utilizando los grados de libertad del numerador (tratamientos) y del denominador (error) para un nivel de significancia del 95% ( $\alpha = 0.05$ ).

- Grados de libertad del numerador: En este caso, para los tratamientos con cuatro niveles de compost, los grados de libertad son 3 (es decir, 4 tratamientos menos 1).
- Grados de libertad del denominador: Los grados de libertad del error son 8, calculados como el número de repeticiones (12 observaciones) menos el número de tratamientos (4), lo que da  $12 - 4 = 8$ .

Utilizando la tabla F con estos grados de libertad y un nivel de significancia del 95% ( $\alpha = 0.05$ ), el valor F tabular obtenido es 4.07. Este valor se usa como umbral para comparar con el valor F calculado en el análisis de varianza.

Para la longitud de la raíz, el valor F calculado fue 35.72, que es significativamente mayor que el valor F tabular de 4.07. Esto indica que las diferencias entre los tratamientos son estadísticamente significativas. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, lo que confirma que los diferentes niveles de compost tienen un impacto significativo en el desarrollo de las raíces de betarraga.

**Tabla 18**

*Prueba de normalidad y homogeneidad.*

	Prueba normalidad Shapiro-Wilk		Prueba de homogeneidad Bartlett.test	
	<u>V. Shapiro W.</u>	<u>P_valor</u>	<u>V.Bartlett</u>	<u>P_valor</u>
Longitud de la raíz	0.9015	0.1658	0.17788	0.9811
Diámetro ecuatorial de la raíz	0.9558	0.7236	1.7134	0.6339
Altura de planta	0.9015	0.1658	0.17788	0.9811
Número de hojas por planta	0.87635	0.0787	1.4366	0.697
Peso de raíces por hectárea	0.94805	0.6087	1.6664	0.6444
Peso de raíces por planta	0.94805	0.6087	1.6664	0.6444
Peso fresco de residuos de cosecha por planta	0.93547	0.4417	2.8457	0.4160
Interpretación	Si W es cercano a 1 los datos son normales	Si P valor > 0.05 datos normales		Si Pvalor > 0.05 datos homogéneos

*Nota.* Elaboración propia (2024).

La tabla 18 muestra que para la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, un valor W cercano a 1 y valores P superiores a 0.05 sugieren que los datos correspondientes a todas las variables examinadas siguen una distribución normal. Los hallazgos correspondientes a variables como la longitud de la raíz ( $W = 0.9015$ ,  $p = 0.1658$ ), el diámetro ecuatorial de la raíz ( $W = 0.9558$ ,  $p = 0.7236$ ), la altura de la planta ( $W = 0.9015$ ,  $p = 0.1658$ ), el número de hojas por planta ( $W = 0.87635$ ,  $p = 0.0787$ ), el peso de las raíces por hectárea ( $W = 0.94805$ ,  $p =$

0.6087), y el peso fresco de residuos de cosecha por planta ( $W = 0.93547$ ,  $p = 0.4417$ ) evidencian que, en todas las instancias, los p-valores superan 0.05. Esto implica que no existe prueba suficiente para descartar la hipótesis nula que postula que los datos se adhieren a una distribución normal.

En relación con la prueba de homogeneidad de varianzas de Bartlett, los valores de P para todas las variables superan igualmente 0.05, lo que sugiere que las varianzas entre los grupos son homogéneas. En concreto, los p-valores correspondientes a la longitud de la raíz ( $p = 0.9811$ ), el diámetro ecuatorial de la raíz ( $p = 0.6339$ ), la altura de la planta ( $p = 0.9811$ ), el número de hojas por planta ( $p = 0.697$ ), el peso de raíces por hectárea ( $p = 0.6444$ ), el peso de raíces por planta ( $p = 0.6444$ ) y el peso fresco de residuos de cosecha por planta ( $p = 0.4160$ ), todos superan el umbral de significancia establecido en 0.05, lo que indica que no existen diferencias significativas en las varianzas entre los grupos evaluados.

## **CAPÍTULO V:**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

1. Los resultados de los análisis estadísticos, como el ANVA, mostraron que los tratamientos con compost, especialmente a una dosis de 7000 kg/ha, favorecieron un mejor crecimiento en términos de longitud y diámetro de la raíz, así como la altura de las plantas. Esto nos lleva a la conclusión de que el compost es un factor clave para mejorar tanto la productividad como la calidad de este cultivo.
2. Se observó que los diferentes niveles de compost tienen un impacto claro en el crecimiento de las raíces de la betarraga. A medida que se incrementó la cantidad de compost (7000 kg/ha), las raíces crecieron más en longitud y diámetro. Esto demuestra que el compost no solo promueve un mayor desarrollo radicular, sino que también juega un papel esencial en la nutrición de las plantas y en el rendimiento del cultivo.
3. Los resultados mostraron que los niveles más altos de compost (7000 kg/ha) también beneficiaron el crecimiento y desarrollo del follaje de la betarraga, aumentando la altura de las plantas. Esto resalta lo importante que es el compost para mejorar la salud general de las plantas, ya que favorece una mayor eficiencia en la fotosíntesis y, como resultado, un mejor rendimiento del cultivo.
4. La aplicación de compost descompuesto en las dosis más altas aumentó de manera notable el peso de las raíces y la productividad de las plantas de betarraga. Los tratamientos con mayor cantidad de compost (7000 kg/ha) fueron los que mostraron un rendimiento superior, lo que confirma que el compost no solo favorece el desarrollo vegetativo, sino que también mejora la productividad del cultivo, tanto en peso como en rendimiento por hectárea.

## 5.2. Recomendaciones

1. Con base en los resultados obtenidos, se sugiere a los agricultores usar dosis de compost cercanas a los 7000 kg/ha para optimizar tanto la producción como la calidad de la betarraga. Sin embargo, es clave realizar pruebas locales para ver si dosis ligeramente más bajas (3500 kg/ha) podrían ser igual de efectivas y más económicas, dependiendo de las condiciones específicas del suelo y el clima. Esto permitiría encontrar la opción más rentable sin sacrificar resultados.
2. Se recomienda que los agricultores utilicen dosis de compost cercanas a los 7000 kg/ha, para ello deben realizar pruebas locales para evaluar si dosis algo más bajas (3500 kg/ha) también pueden ser efectivas y más rentables, según las condiciones particulares del suelo y el clima. Esto no solo optimizaría la producción, sino que también permitiría adaptar las prácticas a las necesidades específicas de cada región.
3. Recomiendo realizar estudios adicionales para explorar los efectos a largo plazo del uso de compost en la betarraga, incluyendo su impacto en la fertilidad del suelo, la sostenibilidad agrícola y los costos relacionados con la aplicación del compost. Estos estudios podrían ayudar a garantizar que el uso continuo de compost sea beneficioso tanto para los cultivos como para el medio ambiente, proporcionando una visión más completa de sus beneficios y posibles desafíos.
4. Se recomienda a los agricultores adoptar un enfoque integrado para la gestión del compost, combinando el uso de compost con otras prácticas agrícolas sostenibles, como la rotación de cultivos y el manejo adecuado de la irrigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acces, M. (2023). *Clasificar hortalizas de raíz comestibles*. <https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/es/content/clasificar-hortalizas-de-raiz-comestibles>
- Alfaro, R. C. H. (2012). *Metodología de investigación científica aplicado a la ingeniería* (3ra ed.). Editorial Laycom.
- Anoke, M. (2020). *Sample Size Determination in Survey Research*. <https://journaljsrr.com/index.php/JSRR/article/view/1154/2310>
- Aware. (2024). Enhancing Soil Fertility and Crop Productivity through Crop Residue Management: A Review. *Agricultural Reviews, Of*. <https://doi.org/10.18805/ag.rf-294>
- Ayala Alarco, R. V., Ramírez Peralta, J., Rey Sánchez Vargas, J., & Taxa Villegas, M. I. (2020). Desarrollo de un modelo de negocio de compostaje de residuos sólidos orgánicos para la comercialización de abono orgánico. *Pontificia Universidad Católica del Perú*. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17724>
- Bozym, M. (2020). Assessment of Composition Changes, Stability Degree and the Potential of Biogas Formation of Sewage Sludge Composts During Maturation Process. *Waste and Biomass Valorization*, 2019(8), 4081-4091. <https://doi.org/10.1007/S12649-019-00736-4>
- Campos Mariscal, J. L., Álvarez Sánchez, M. E., Maldonado Torres, R., & Vargas Gustavo, A. (2020). Aplicación de abonos orgánicos en el rendimiento y desarrollo radicular en el cultivo de aguacate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(2), 263-274. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.2301>
- Castillo, C. (2004, febrero). Cultivo de betarraga en la Costa Central. *Instituto Nacional de Innovación Agraria*. Folleto;N.01. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1018>

- Ccama, Q. N. (2023). *Efecto de dosis entre macro—Micronutrientes y abonos orgánicos en el cultivo de beterraga (Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris) conducido en el Centro Agronómico K'ayra*. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7304>
- Chang, Y. J. V., Chang, D. J. V., Cardoza, C. M. M., Cabrera, V. J. L., Chang, Y. J. V., Chang, D. J. V., Cardoza, C. M. M., & Cabrera, V. J. L. (2022). Aprovechamiento de compost a base de residuos de tierra de blanqueo para mayor rendimiento de beterraga (*Beta vulgaris L.*), Barranca. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 6(18), 491-502. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i18.185>
- Condor, S. N. A. (2021). Introducción de la producción de palta en la economía de las familias campesinas en el ámbito del distrito de Huachis provincia de Huari – Ancash. *Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión*. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/5305>
- Din, M. (2024). Overview of the Impact of Compost on Bulk Density, Aggregate Consistency and Cation Exchange Capacity of Soils and its Consequential Effect on Crop Productivity. *Cognizance Journal*, 4(6), 344-359. <https://doi.org/10.47760/cognizance.2024.v04i06.021>
- Epifani, Wpn. di G. (2023). *Rotación de Cultivos para Agricultura Sostenible y Fertilidad del Suelo* / ILSA. <https://www.ilsagroup.com/es/news/1364/bueno-saber-rotacion-de-cultivos-un-metodo-sostenible-para-mejorar-la-fertilidad-del-suelo.htm>
- Eraqui, S., Topno, S. E., Kerketta, A., Husain, M. F., & Mishra, R. (2023). Studies on the Effect of Different Levels of Organic Compost on Growth, Yield, Betalain Content and Quality of Beetroot (*Beta vulgaris*) under Prayagraj Agro-Climatic Condition. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(9), 2397-2404. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i92472>

- Flores, M. A., & Carranza, C. C. (2006). Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 9(17), Article 17. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v9i17.697>
- Gerard, A., Dijkstra, T., & Schokking, F. (2007). *Effects of soil structure on soil behaviour: Illustrated with loess, glacially loaded clay and simulated flaser bedding examples—ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013795207000166?via%3Dihub>
- German, T. (2020). *Terra Better—Sobre los peligros de la descomposición anaeróbica y cómo la fermentación aeróbica revitaliza el campo a largo plazo*. <https://www.humintech.com/es/agricultura/blog/terra-better-sobre-los-peligros-de-la-descomposicion-anaerobica-y-como-la-fermentacion-aerobica-revitaliza-el-campo-a-largo-plazo>
- Ghanney, P., Yeboah, S., Annign, D., & Yang, H. (2023). Moisture-Induced Effects on Lignocellulosic and Humification Fractions in Aerobically Composted Straw and Manure. *Fermentation*, 9(6), 551-551. <https://doi.org/10.3390/fermentation9060551>
- González, J. E. G. (2008). *Aspectos básicos, valores y reflexiones éticas alrededor de la agricultura sostenible*.
- Hajime, F. (2018, enero 1). *Organisms that Function with Small Numbers of Molecules*. SciSpace - Paper; Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-2083-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-981-13-2083-5_16)
- Herbazet. (2024). *Remolacha*. HerbaZest. <https://www.herbazest.com/es/hierbas/remolacha>
- Hoyos, Z. G. (2023). *Efecto de la aplicación de guano de isla y humus de lombrís en el rendimiento del cultivo de beterraga (Beta vulgaris L.) variedad Early Wonder en el Fundo la Victoria*.

<http://190.116.36.86/bitstream/handle/20.500.14074/5999/TESIS%202023%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Huanca, A. O., & Blanco, V. W. (2020). *Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de beterraga (Beta vulgaris L.) en la Estación Experimental de Patacamaya.*

Huilca, J. E. (2015). *Revisión de los fundamentos de estadística los paradigmas y la gestión de la calidad.*

Janssen, H., Scheffler, G., & Plagge, R. (2016). Experimental study of dynamic effects in moisture transfer in building materials. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 98, 141-149.  
<https://doi.org/10.1016/J.IJHEATMASSTRANSFER.2016.03.031>

La Rosa, H. J. O. (2024). *Fertilización ecológica con compost de residuos de pescado para evaluar la respuesta en cultivo de betarraga (Beta vulgaris L.), Supe 2022.*

Lavado, N. A. L. (2021). *Efectos de niveles de bioabonos en el rendimiento de la betarraga (Beta vulgaris l.), en condiciones edafoclimáticas del instituto de investigación frutícola olerícola Cayhuayna.*

López, J. F. (2016). *Población estadística.* Economipedia.  
<https://economipedia.com/definiciones/poblacion-estadistica.html>

López, V. E. J. (2020). *Efecto del guano de isla en el rendimiento de la zanahoria (Daucus carota L.) en condiciones agroecológicas de Huacrachuco – 2018.*

Marques, L. F., Medeiros, D. C. de, Coutinho, O. D. L., Marques, L. F., Medeiros, C. C. de B., & Vale, L. S. D. (2010, febrero 15). *Produção e qualidade da beterraba em função da adubação com esterco bovino.*  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Produ%C3%A7%C3%A3o-e-qualidade-da->

beterraba-em-fun%C3%A7%C3%A3o-da-com-Marques-Medeiros/66b5666c1ec718a5fb55cc2ff36ea622e1240cc9

- Martyniuk, S. (2009). Thermophilic bacteria: Ecology, physiology and technology. *Enzyme and Microbial Technology*, 1(4), 243-252. [https://doi.org/10.1016/0141-0229\(79\)90043-7](https://doi.org/10.1016/0141-0229(79)90043-7)
- Mbagmu, J. (2015). Subsoil productivity of an ultisol in Nigeria as affected by organic wastes and inorganic fertilizer amendments. *Soil Science*, 140(6), 436-441. <https://doi.org/10.1097/00010694-198512000-00006>
- Meek, B., Rechel, E., Carter, L., Detar, W., & Urie, A. (1992). Infiltration Rate of a Sandy Loam Soil: Effects of Traffic, Tillage, and Plant Roots. *Soil Science Society of America Journal*, 56, 908-913. <https://doi.org/10.2136/SSSAJ1992.03615995005600030038X>
- Mohammed, S., Wasef, A. Z., & Cherut, A. J. (2010). Effects of compost interactions on the alterations in mineral biochemistry, growth, tuber quality and production of *Solanum tuberosum*. *Frontiers of Agriculture in China*, 4(2), 170-174. <https://doi.org/10.1007/S11703-010-0098-7>
- Mosaic. (2023). *Soil pH and Nutrient Availability*. <https://www.horiba.com/int/water-quality/applications/agriculture-crop-science/soil-ph-and-nutrient-availability/>
- Muhammad, I., Sami, U.-A., Abdul, S., Ahmad, S., Ijaz, H., & Ahmad, N. (2023). *Evaluation of Various Organic Amendment Sources to Improve the Root Yield and Sugar Contents of Sugar Beet Genotypes (Beta vulgaris L.) under Arid Environments*.
- Nemeat Alla, H., El-Sherief, A., & H. El-Gamal, I. (2019). Impact of Compost and Boron Fertilization on Yield and Quality of Sugar Beet Grown in a Sandy Soil. *Journal of Plant Production*, 10(12), 1065-1070. <https://doi.org/10.21608/jpp.2019.71554>

- Nina, Y. R. (2024). *Efecto de abonamiento foliar orgánico y dosis en el rendimiento de zahoria (*Daucus carota*) y betarraga (*Beta vulgaris*) en invernadero del CE – Camacani—Puno.*
- Odou, M. (2020, abril 13). *El compostaje, su proceso y beneficios.* Armony. <https://www.armony.cl/el-compostaje-su-proceso-y-beneficios/>
- Oliveira, M., Carvalho, M., Mourão, I., Coutinho, J., & Castro, P. (2019). *Fertilizantes microbianos: Una forma ecológica de mejorar la productividad de los cultivos.*
- Oropeza, J., & Russián, T. (2008, septiembre 1). *Efecto del vermicompost, sobre el crecimiento, en vivero de la naranja 'Criolla' sobre tres patrones.* <https://www.semanticscholar.org/paper/Efecto-del-vermicompost%2C-sobre-el-crecimiento%2C-en-Oropeza-Russi%2C%20A1n/a1b1780ca2e7e1b52ee34afd7e39cd4188007a3f>
- Oviedo, O. R., Marmolejo, R. L. F., & Torres, L. P. (2017). *Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. Lecciones desde Colombia.* [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432017000100031&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432017000100031&script=sci_arttext)
- Pec, G. (2024, abril 12). *Fertilizantes Orgánicos: Tipos Y Beneficios Para Los Cultivos.* <https://eos.com/es/blog/fertilizantes-organicos/>
- Prime. (2022, octubre 17). *¿Qué es el proceso de compostaje? - Prime Biopolymers.* *Primebiopolymers.* <https://primebiopol.com/descubre-el-proceso-de-compostaje/>
- Quintana, R. (2010). *Que es la composta y cuales son sus beneficios.*
- Quispe, J. (2003). *Impacto del evento niño en la agricultura peruana Campaña 2002—2003.*
- Rockandbloom. (2022, enero 31). *Mejorando el rendimiento de los cultivos año tras año.* *Mejora del rendimiento de los cultivos año tras año.*

<https://redekopmfg.com/es/mejorar-el-rendimiento-de-los-cultivos-a%C3%B1o-tras-a%C3%B1o/>

- Rodríguez, Y., Alemán Pérez, R. D., Domínguez Brito, J., Soria Re, S., Hernández Ramos, H., Salazar Gaibor, C., & Jara Arguello, M. D. R. (2016). Efecto de dos abonos orgánicos (compost y bio) sobre el desarrollo morfológico de *Beta vulgaris* L. var. Cicla bajo condiciones de invernadero. *Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología*, 5(2), 103-117. <https://doi.org/10.59410/RACYT-v05n02ep01-0137>
- Saenz, Q. N. M. (2023). *Rendimiento de la zanahoria (Daucus carota L.) variedad royal chantenay con fertilización basado en fuentes inorgánicas y orgánicas en condiciones edafoclimáticas de Huacrachuco, 2021*.
- Sosa, A. Q., Delgado, G. J. A., Reategui, L. M. G., Otazú, E. R. Z., & Olivos, C. E. A. (2023). *Modelo ProLab: Aqp Compost, Una Propuesta Sostenible Para Mejorar La Calidad*.
- Takeoka, G. (1999). *Flavor Chemistry of Vegetables*. 287-304. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4693-1\\_25](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4693-1_25)
- Tanaje, T., Sharma, I., Jit, B., & Singh, A. (2024). Composting as a sustainable option for converting undesirable weeds like *Parthenium hysterophorus*, *Solanum nigrum*, *Calotropis procera* and *Trianthema portulacastrum* into organic manure. *Biosciences, Biotechnology Research Asia*, 21(2), 645-654. <https://doi.org/10.13005/bbra/3253>
- Toscano, F. (2018). *Metodología de la Investigación*. U. Externado de Colombia.
- Van, L. (1995, enero 1). *Thermophilic anaerobic wastewater treatment: Temperature aspects and process stability*. SciSpace - Paper; Van Lier. <https://typeset.io/papers/thermophilic-anaerobic-wastewater-treatment-temperature-23uu4y00rq>
- Velez, C. Y. J. (2024). *Nutrición sostenible a base de residuos de tierra de blanqueo en betarraga (Beta vulgaris L.) para mayor rendimiento, Barranca 2023*.

- Vélez, Y. J., Vélez Chang, D. J., Mazuelos Cardoza, C. M., & Linares Cabrera, V. J. (2022). Aprovechamiento de compost a base de residuos de tierra de blanqueo para mayor rendimiento de betarraga (*Beta vulgaris* L.), Barranca. *Revista Alfa*, 6(18), 491-502. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i18.185>
- Viveur, B. (2022). *Remolacha: Propiedades, beneficios y cómo tomarla*. Bon Viveur. <https://www.bonviveur.es/gastroteca/remolacha-el-ingrediente-ideal-para-dar-color-y-dulzor>
- Xiong, M., Sun, R., & Chen, L. (2018). Effects of soil conservation techniques on water erosion control: A global analysis. *The Science of the total environment*, 645, 753-760. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.124>
- Yabin, Z., Yuquan, W., Zhang, Z., Ake, Z., & Li, Y. (2021, julio 7). *Effects of different C/N ratios on the maturity and microbial quantity of composting with sesame meal and rice straw biochar*. SciSpace - Paper; Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/S42773-021-00110-5>
- Zschaeffer. (2019, enero 4). Conceptos básicos sobre el compostaje en el patio trasero: Una hoja de trucos. *Rodale Institute*. <https://rodaleinstitute.org/es/blog/conceptos-b%C3%A1sicos-del-compostaje-en-el-patio-trasero-una-hoja-de-trucos/>

**ANEXO**

## a) Matriz de Consistencia

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología</b>
<p><b>General</b></p> <p>¿Cuál es el efecto de diferentes niveles de compost descompuesto en la producción y calidad del cultivo de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024?</p> <p><b>Específico</b></p> <p>1. ¿Cómo influyen los distintos niveles de compost descompuesto en el desarrollo radicular de las plantas de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024?</p> <p>2. ¿Qué impacto tienen los niveles de compost descompuesto en el crecimiento y desarrollo del follaje de las plantas de betarraga Latapuquio – Lircay 2024?</p> <p>3. ¿Cómo influye la aplicación de diferentes niveles de compost descompuesto en el peso y la productividad de la betarraga en Latapuquio – Lircay durante el año 2024?</p>	<p><b>General</b></p> <p>Evaluar el efecto de diferentes niveles de compost descompuesto en la producción y calidad del cultivo de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024.</p> <p><b>Específico</b></p> <p>1. Determinar la influencia de los distintos niveles de compost descompuesto en el crecimiento radicular de las plantas de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024.</p> <p>2. Evaluar el efecto de los niveles de compost descompuesto en el crecimiento y desarrollo del follaje de las plantas de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024.</p> <p>3. Determinar el peso y la productividad de betarraga en los diferentes niveles de compost descompuesto en Latapuquio – Lircay 2024.</p>	<p><b>General</b></p> <p>El uso de los diferentes niveles de compost descompuesto presenta un efecto significativo en la producción y calidad de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024.</p> <p><b>Específica</b></p> <p>1.Los distintos niveles de compost descompuesto influyen significativamente en el crecimiento radicular de las plantas de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024, favoreciendo un mayor desarrollo de raíces a medida que aumenta la cantidad de compost aplicado</p> <p>2.Los niveles óptimos de compost descompuesto presentan un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo del follaje de las plantas de betarraga en Latapuquio – Lircay 2024.</p> <p>3.La aplicación de compost descompuesto en diferentes niveles incrementa el peso y la productividad de la betarraga en la zona de Latapuquio – Lircay durante el año 2024.</p>	<p><b>Independiente (X)</b></p> <p>Niveles de compost</p> <p><b>Dependiente (Y)</b></p> <p>Cultivo de batarraga -Raíz planta -Follaje planta -Rendimiento</p>	<p><b>1.Tipo Investigación</b> Aplicada</p> <p><b>2.Nivel Investigación</b> Explicativa</p> <p><b>3.Diseno Investigación</b> Experimental</p> <p><b>4.Población</b> 300 plantas en toda la parcela experimental</p> <p><b>5.Muestra</b> 171 plantas distribuidas en la parcela experimental.</p> <p><b>6.Muestreo</b> Aleatorio Probabilístico</p>

**b) Matriz de operacionalización de variables**

<b>Tipo variable</b>	<b>Variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Medida</b>
Independiente	Niveles de compost	Compost descompuesto	Nivel 3	7000 kg/ha
			Nivel 2	3,500 kg/ha
			Nivel 1	1,000 kg/ha
			Testigo	0.0 kg/ha
Dependiente	Cultivo Betarraga	Raíz de la planta	Longitud de la raíz	cm
			Diámetro ecuatorial	cm
		Follaje de la planta	Altura de planta	Cm
			Número de hojas por planta	Unidad
		Rendimiento	Peso de raíces por hectárea	t.ha <sup>-1</sup>
			Peso de raíces por planta	g.pta <sup>-1</sup>
		Peso fresco de residuos de cosecha por planta	g.pta <sup>-1</sup>	

### Anexo C: Base de datos

Datos evaluados del diámetro de la raíz del cultivo de la betarraga.

<b>Tratamiento</b>	<b>Bloque</b>	<b>Diámetro del cultivo</b>
T1	I	9.10
T2	I	8.40
T3	I	7.90
T4	I	5.80
T1	II	10.10
T2	II	8.70
T3	II	7.50
T4	II	6.00
T1	III	9.40
T2	III	8.20
T3	III	7.10
T4	III	5.60

Datos evaluados de la longitud de la raíz del cultivo de la betarraga.

<b>Tratamiento</b>	<b>Bloque</b>	<b>Longitud del cultivo</b>
T1	I	13.90
T2	I	13.60
T3	I	12.30
T4	I	10.20
T1	II	15.30
T2	II	13.20
T3	II	11.40
T4	II	9.30
T1	III	14.30
T2	III	11.90
T3	III	10.30
T4	III	8.40

Datos evaluados de la altura de la planta del follaje del cultivo de la betarraga.

<b>Tratamiento</b>	<b>Bloque</b>	<b>Altura del cultivo</b>
T1	I	44.50
T2	I	42.10
T3	I	40.20
T4	I	30.10
T1	II	48.20
T2	II	45.10
T3	II	43.30
T4	II	35.00
T1	III	47.00
T2	III	44.00
T3	III	41.20
T4	III	33.10

Datos evaluados de número de hojas del cultivo de la betarraga.

<b>Tratamiento</b>	<b>Bloque</b>	<b>Numero de hojas</b>
T1	I	12.00
T2	I	11.00
T3	I	10.00
T4	I	8.00
T1	II	14.00
T2	II	12.00
T3	II	11.00
T4	II	9.00
T1	III	11.00
T2	III	10.00
T3	III	9.00
T4	III	8.00

Datos evaluados del peso de la raíz del rendimiento del cultivo de la betarraga.

<b>Tratamientos</b>	<b>Bloques</b>	<b>Rendimiento</b>
T1	I	350.00
T2	I	320.00
T3	I	290.00
T4	I	210.00
T1	II	380.00
T2	II	330.00
T3	II	300.00
T4	II	220.00
T1	III	390.00
T2	III	310.00
T3	III	280.00
T4	III	201.00

Datos evaluados del rendimiento cultivo de la betarraga por Kilogramo por hectárea (kg/ha).

<b>Tratamientos</b>	<b>Bloques</b>	<b>Kilogramo por hectárea (kg/ha)</b>
T1	I	21000
T2	I	19200
T3	I	17400
T4	I	12600
T1	II	22800
T2	II	19800
T3	II	18000
T4	II	13200
T1	III	23400
T2	III	18600
T3	III	16800
T4	III	12060

Datos evaluados del rendimiento de residuos de cosecha del cultivo de betarraga.

<b>Tratamientos</b>	<b>Bloques</b>	<b>Peso de residuo de cosecha</b>
T1	I	230.00
T2	I	210.00
T3	I	180.00
T4	I	130.00
T1	II	240.00
T2	II	210.00
T3	II	180.00
T4	II	150.00
T1	III	230.00
T2	III	200.00
T3	III	170.00
T4	III	120.00

**d) Reporte fotográfico****Foto 1.** Preparación del compost**Foto 2:** Volteado del compost



**Foto 3.** Tapado del compost



**Foto 4.** Preparación de las camas de almácigo para la siembra de la betarraga



**Foto 5.** Desinfección de la semilla



**Foto 6.** Siembra de la semilla en las almacigueras



**Foto 6.** Preparación del terreno experimental.



**Foto 7.** Demarcación de las unidades experimentales.



**Foto 8.** Parcela experimental delimitada por cada tratamiento



**Foto 9.** Trasplante de la betarraga en las unidades experimentales



**Foto 10.** Trasplante de betarraga en las unidades experimentales.



**Foto 11.** Campo experimental sembrado.