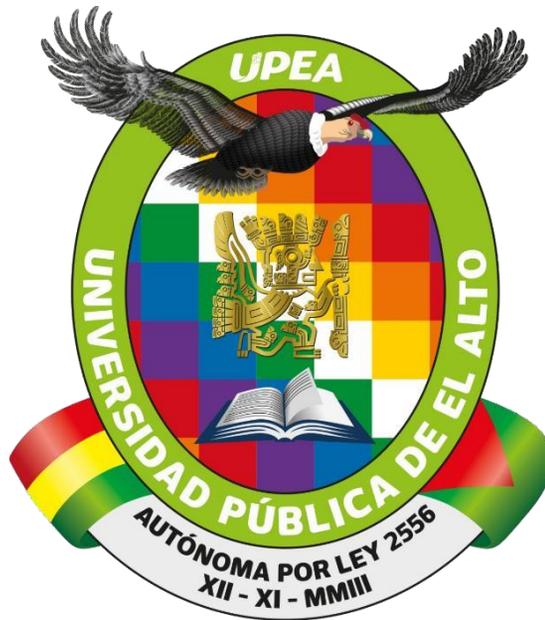


**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL RENDIMIENTO DE DOS
VARIETADES DE COL RIZADA (*Brassica oleracea*) BAJO
TRES NIVELES DE APLICACIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ
EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

Por:

Vladimir Ramos Apaza

EL ALTO – BOLIVIA

Agosto, 2025

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE COL
RIZADA (*Brassica oleracea*) BAJO TRES NIVELES DE APLICACIÓN DE HUMUS DE
LOMBRIZ EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

*Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

Vladimir Ramos Apaza

Asesores:

Lic. Ing. Walter Fernandez Molina

Tribunal Revisor:

M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez

Lic. Ing. Daniel Condori Guarachi

Lic. Ing. Pastor Condori Mamani

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

A mis padres, quienes han sido mi mayor inspiración y una fuente constante de fuerza y dedicación. Gracias por confiar en mí y apoyarme en cada paso de este camino.

A mis hermanos, por su cariño y por recordarme lo valiosa que es la unión familiar. Su compañía me ha brindado consuelo y alegría en los momentos más complejos. A mis amigos y compañeros de estudio, por cada instante compartido y por su valiosa amistad.

Dedicado también a los docentes que me inspiraron a seguir adelante y con sus consejos seguir mejorando. A ustedes, mi más profundo reconocimiento y gratitud.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por iluminar mi camino y darme la fuerza necesaria para superar los retos que se presentaron durante esta etapa. Su presencia constante ha sido un pilar de apoyo en los momentos de dificultad y alegría.

A la Universidad Pública de El Alto y a los docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica, quienes no solo me han impartido conocimientos académicos, sino también valores y experiencias que han enriquecido mi formación profesional en el ámbito agrícola y pecuario.

A mis padres, Gabriel Ramos Quispe y Alicia Apaza Alanoca por su sacrificio incondicional y apoyo financiero. Gracias por estar siempre presentes, con amor y sabias palabras de aliento que me impulsaron a seguir adelante y culminar este proyecto.

A mi asesor, Lic. Ing. Walter Fernández Molina, por brindarme su valioso tiempo y compartir su experiencia, guiándome con paciencia y compromiso en cada etapa de esta investigación.

A mi tribunal revisor, compuesto por M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, Lic. Ing. Daniel Condori Guarachi, y Lic. Ing. Pastor Condori Mamani. Agradezco sus observaciones precisas y el tiempo dedicado a revisar y perfeccionar este trabajo, haciendo que el proceso fuera una oportunidad de aprendizaje y mejora.

Finalmente, un sincero agradecimiento al presidente del tribunal examinador, por su dedicación y el respaldo en la aprobación de esta tesis, asegurando la calidad y rigor académico del trabajo presentado.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vii
ABREVIATURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	xi

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Planteamiento del problema.....	12
1.2. Justificación.....	12
1.3. Objetivos.....	13
1.3.1.1. Objetivo general.....	13
1.3.1.2. Objetivos específicos.....	13
1.4. Hipótesis.....	13
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. Descripción del cultivo de col rizada.....	14
2.1.1.1. Origen del cultivo de col rizada.....	14
2.1.2. Clasificación taxonómica.....	15
2.1.3. Propiedades de la col rizada.....	15
2.2. Características agronómicas del cultivo de col rizada.....	15
2.3. Descripción morfológica.....	16

2.3.1.	Ciclo del cultivo	17
2.3.2.	Propagación	17
2.3.2.1.	Siembra	17
2.3.2.2.	Trasplante	17
2.3.2.3.	Cosecha	18
2.4.	Variedades de col rizada	19
2.4.1.	Kale variedad Gruner Krauser	19
2.4.2.	Variedad berza	19
2.5.	Rendimiento del cultivo de col de rizada	19
2.6.	Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de col rizada	19
2.6.1.	Temperatura	19
2.6.2.	Luz y humedad relativa	20
2.6.3.	Suelo	20
2.6.4.	Riego	20
2.6.5.	Abono humus de lombriz	20
2.6.5.1.	Composición química del humus de lombriz	21
2.6.5.2.	Características y Propiedades del humus de lombriz	22
2.6.5.3.	Ventajas del humus de lombriz	22
2.7.	Plagas y enfermedades	23
2.7.1.	Plagas	23
2.7.2.	Enfermedades	23
3.1.	Localización	24
3.1.1.1.	Ubicación Geográfica	24
3.1.1.2.	Clima	25
3.1.1.3.	Suelo	25
3.1.1.4.	Flora	25
3.2.	Materiales	26

3.2.1.	Material biológico	26
3.2.2.	Material de gabinete.....	26
3.2.3.	Material de gabinete.....	26
3.2.4.	Material de campo.....	27
3.2.5.	Equipos de computación	27
3.3.	Metodología	28
3.3.1.	Desarrollo del ensayo	28
3.3.1.1.	Almácigo.....	28
3.3.1.2.	Preparación del terreno.....	29
3.3.1.3.	Delimitación del área.....	30
3.3.1.4.	Trasplante	30
3.3.1.5.	Aplicación de humus de lombriz	31
3.3.1.6.	Riego	31
3.3.1.7.	Deshierbe	32
3.3.1.8.	Poda	32
3.3.1.9.	Aporque.....	33
3.3.1.10.	Cosecha.....	33
3.3.2.	Diseño experimental.....	34
3.3.3.	Factores de estudio.....	34
3.3.3.1.	Formulación de tratamientos.....	35
3.3.4.	Variables de respuesta	35
3.3.4.1.	Porcentaje de emergencia (PE).....	35
3.3.4.2.	Altura de la planta (AP)	35
3.3.4.3.	Longitud de hoja (LH).....	36
3.3.4.4.	Ancho de la hoja (AH)	36
3.3.4.5.	Número de hojas (NH)	36
3.3.4.6.	Diámetro del tallo (DT)	36

3.3.4.7.	Rendimiento (RT).....	37
3.3.4.8.	Peso por planta (PP).....	37
3.3.5.	Análisis estadístico.....	37
3.3.6.	Análisis económico	38
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1.	Condiciones ambientales.....	39
4.1.1.	Temperatura.....	39
4.	Altura de la planta (AP) a los 20 días	41
4.2.	Altura final de la planta (AP).....	44
4.4.	Longitud de hoja (LH).....	46
4.5.	Ancho de la hoja (AH).....	48
4.6.	Número de hojas (NH).....	50
4.7.	Diámetro del tallo (DT).....	52
4.8.	Rendimiento (RT) 1	52
4.9.	Peso por planta (PP).....	56
4.10.	Análisis económico	60
5.	CONCLUSIONES.....	62
6.	RECOMENDACIONES.....	63
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	64
8.	ANEXOS	70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de varianza para altura de planta a los 20 días	41
Cuadro 2. Análisis de varianza para altura de planta final del cultivo de Kale	44
Cuadro 3. Análisis de varianza para longitud de hoja del cultivo de Kale	46
Cuadro 4. Análisis de varianza del ancho de hojas del Kale	48
Cuadro 5. Análisis de la varianza del número de hojas	50
Cuadro 6. Análisis de varianza del diámetro del tallo del Kale	52
Cuadro 8. Análisis de varianza para el rendimiento de la primera cosecha	53
Cuadro 9. Análisis de varianza para el rendimiento de la segunda cosecha	54
Cuadro 10. Análisis de varianza para el rendimiento de la tercera cosecha	54
Cuadro 11. Análisis de varianza para el peso por planta a la primera cosecha	57
Cuadro 12. Análisis de varianza para el peso por planta a la segunda cosecha	57
Cuadro 13. Análisis de varianza para el peso por planta a la tercera cosecha	58
Cuadro 14. Análisis económico.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica (Earth, 2022)	24
Figura 2. Preparación del terreno para el cultivo.....	29
Figura 3. Trasplante del cultivo de Kale.....	30
Figura 4. Aplicación del humus de lombriz por planta.....	31
Figura 5. Poda del Kale	32
Figura 6. Cosecha del Kale	33
Figura 7. Temperaturas registradas en el invernadero (2024).....	39
Figura 8. Promedio de la altura de planta a los 20 días con niveles de humus	42
Figura 9. Promedio de la altura de planta a los 20 días de las variedades	43
Figura 10. Promedio de la altura final de planta de las variedades	44
Figura 11. Promedio de la altura final de planta con niveles de humus	45
Figura 12. Promedios de la longitud de hoja con niveles de humus.....	47
Figura 13. Promedio del ancho de hojas de las variedades	49
Figura 14. Rendimiento de las 3 cosechas de las variedades	55
Figura 15. Rendimiento de las 3 cosechas de los niveles de humus	55
Figura 16. Peso planta de las variedades.....	58
Figura 17. Peso por planta de los niveles de humus.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo	70
Anexo 2. Análisis químico de agua	71
Anexo 3. Análisis de Humus de lombriz	72
Anexo 4 Costos de producción por tratamiento.....	73
Anexo 5. Preparación del sustrato para el almacigo	75
Anexo 6. Siembra de las dos variedades de col rizada en el almacigo.....	76
Anexo 7. Germinación de las 2 variedades de col de rizada en el almacigo.....	76
Anexo 8. Pesando el Humus de Lombriz en sus diferentes niveles	77
Anexo 9. Trasplante de col rizada.....	77
Anexo 10. Prendimiento de las dos variedades de col rizada.....	78
Anexo 11. Numeración de las muestras de planta de las dos variedades de col de rizada	78
Anexo 12. Materiales herramientas de escritorio y de campo para las dos variedades de col rizada	79
Anexo 13. Seleccionado para las cosechas de col rizada	79
Anexo 14. Hojas de las variedades de col rizada verde oscuro variedad Berza verde claro variedad Kruner Grauser.....	80
Anexo 15. Sellado de las dos variedades de col rizada	80
Anexo 16. Producto final de dos variedades de col rizada	81

ABREVIATURAS

AP	Altura de la planta
LH	Longitud de hoja
AH	Ancho de hoja
NH	Número de hojas
DT	Diámetro del tallo
RT	Rendimiento
PP	Peso por planta
ANOVA	Análisis de Varianza
B/C	Relación Beneficio/Costo
BB	Beneficio Bruto
BN	Beneficio Neto
CV	Costo Variable
R	Rendimiento Ajustado
P	Precio del Producto
Mm	Micrómetro
mm	Milímetro
cm	Centímetro
km	Kilómetro

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental de Kallutaca y evaluó el rendimiento de dos variedades de col rizada (Gruner Krauser y Berza) bajo tres niveles de aplicación de humus de lombriz (0 g, 5 g y 10 g por planta). Los objetivos fueron: (1) comparar las características agronómicas de ambas variedades en cada nivel de aplicación, (2) evaluar el efecto del humus de lombriz como fertilizante foliar sobre el rendimiento de la col rizada, y (3) determinar la relación beneficio/costo (B/C) para evaluar la eficiencia económica de cada tratamiento.

Utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, teniendo tres tratamientos en parcela pequeña y tres tratamientos en parcela grande; los cuales se distribuyeron en tres bloques, totalizando 18 unidades experimentales. En términos agronómicos, los resultados del estudio mostraron que las condiciones ambientales, especialmente la temperatura, fueron variables y no siempre óptimas para el desarrollo del Kale, lo cual pudo influir en los resultados de las variables morfológicas evaluadas.

Los resultados mostraron que la aplicación de 5 g de humus por planta fue la más efectiva tanto en rendimiento agronómico como en rentabilidad. Esta dosis alcanzó un rendimiento promedio de 4.635 kg/planta, lo cual superó al tratamiento de 10 g con un promedio de 4.200 kg/planta, y al de 0 g, que tuvo un rendimiento significativamente menor. En términos agronómicos, la variedad Gruner Krauser destacó en número de hojas y diámetro del tallo cuando se aplicaron dosis de 5 g y 10 g, en comparación con la variedad Berza.

Desde el punto de vista económico, el tratamiento con 5 g de humus presentó la relación B/C más alta (2.73), convirtiéndose en la opción más rentable al optimizar los recursos y maximizar la producción. El tratamiento de 10 g, aunque también mejoró el rendimiento en comparación con la ausencia de humus, no mostró un aumento significativo en relación con el de 5 g, lo que indica que niveles superiores pueden no ser económicamente óptimos.

Estos hallazgos sugieren que un manejo adecuado en la dosis de humus de lombriz puede mejorar tanto la productividad como la rentabilidad en el cultivo de col rizada, proporcionando un enfoque sostenible y eficiente para la producción agrícola en la región del altiplano.

ABSTRACT

The research was conducted at the Kallutaca Experimental Station and evaluated the yield of two Kale varieties (Gruner Krauser and Berza) under three application rates of worm castings (0 g, 5 g, and 10 g per plant). The objectives were: (1) to compare the agronomic characteristics of both varieties at each application rate,

(2) to evaluate the effect of worm castings as a foliar fertilizer on Kale yield, and (3) to determine the benefit/cost (B/C) ratio to assess the economic efficiency of each treatment.

A randomized complete block design with a split-plot arrangement was used, with three treatments in a small plot and three treatments in a large plot, distributed across three blocks, totaling 18 experimental units.

In agronomic terms, the study results showed that environmental conditions, especially temperature, were variable and not always optimal for Kale development, which could have influenced the results of the morphological variables evaluated.

The results showed that the application of 5 g of humus per plant was the most effective in both agronomic performance and profitability. This dose achieved an average yield of 4,635 kg/plant, which exceeded the 10 g treatment, which averaged 4,200 kg/plant, and the 0 g treatment, which had a significantly lower yield. In agronomic terms, the Gruner Krauser variety excelled in leaf number and stem diameter when doses of 5 g and 10 g were applied, compared to the Berza variety.

From an economic perspective, the 5 g humus treatment had the highest B/C ratio (2.73), making it the most profitable option by optimizing resources and maximizing production. The 10 g treatment, although also improving yield compared to no humus, did not show a significant increase relative to the 5 g treatment, indicating that higher levels may not be economically optimal.

These findings suggest that proper management of vermicompost dosage can improve both productivity and profitability in Kale cultivation, providing a sustainable and efficient approach to agricultural production in the Altiplano region.

1. INTRODUCCIÓN

La col rizada (*Brassica oleracea*), comúnmente conocida como Kale, pertenece a la variedad botánica Sabellica y se caracteriza por no desarrollar una cabeza compacta, sino un tallo erecto cubierto por numerosas hojas rizadas que alcanzan una altura de 30 a 40 cm. Estas hojas varían en color, desde tonos verdes intensos hasta matices púrpuras, dependiendo de la variedad cultivada. Las crucíferas, como el Kale, el brócoli, el repollo y la coliflor, son parte fundamental de la dieta humana, con una producción estimada de 70 millones de toneladas anuales. Además de su relevancia culinaria, estas hortalizas se destacan por su aporte a la salud humana, ya que contienen compuestos bioactivos con propiedades anticancerígenas y antioxidantes, vinculadas con la prevención de enfermedades crónicas gracias al consumo regular de vegetales crucíferos (Antunez, 2021).

Desde 1997, cuando el Kale comenzó a figurar en las estadísticas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), su consumo ha mostrado un crecimiento significativo. En 2010, el suministro total de Kale en los Estados Unidos alcanzó las 93,2 millones de libras, con una disponibilidad per cápita de 0,3 libras, reflejando su creciente popularidad como un alimento saludable y nutritivo (USDA., 2012)

Sin embargo, la producción convencional de hortalizas se basa predominantemente en el uso de insumos sintéticos, los cuales, a pesar de mejorar los rendimientos, generan problemas ambientales como la contaminación del suelo y afectan la calidad de los alimentos. A nivel nacional, la producción orgánica de hortalizas es limitada, y existe la necesidad de promover el uso de prácticas agroecológicas. Estas prácticas incluyen el empleo de abonos orgánicos, como el humus de lombriz, que no solo suplen los nutrientes esenciales sino que también contribuyen a la sostenibilidad agrícola al enriquecer la materia orgánica del suelo, fomentar la actividad microbiana y liberar los nutrientes de manera gradual (Aruquipa, 2021a).

De hecho, se ha demostrado que los abonos orgánicos, aunque no siempre garantizan rendimientos equivalentes a los de los fertilizantes sintéticos, representan una alternativa viable al mejorar la salud del suelo y promover un equilibrio nutricional más adecuado para la planta (Nicholls, 2008).

Por estas razones, este estudio se enfoca en evaluar el rendimiento comparativo de dos variedades de col rizada bajo tres niveles de aplicación de humus de lombriz en la Estación Experimental de Kallutaca. Se espera que los resultados proporcionen información valiosa para optimizar el uso de abonos orgánicos en la producción sostenible de hortalizas.

1.1. Planteamiento del problema

En el contexto actual de la producción agrícola, es fundamental buscar alternativas sostenibles y eficientes que permitan mejorar la productividad y rentabilidad de los cultivos. El cultivo col rizada (*Brassica oleracea*) es de gran importancia tanto a nivel alimentario como económico, siendo necesario explorar nuevas metodologías que optimicen su producción.

La producción de hortalizas enfrenta diversos desafíos relacionados con la degradación del suelo, el uso ineficiente de fertilizantes sintéticos y las condiciones climáticas adversas. En este contexto, la col rizada (*Brassica oleracea*) se presenta como una alternativa de cultivo prometedora por su alta adaptabilidad y valor nutricional. Sin embargo, uno de los principales obstáculos para su producción sostenible es la dependencia de insumos químicos que deterioran progresivamente la calidad del suelo y afectan la salud ambiental.

La falta de investigación previas sobre el uso de abono de humus de lombriz en el centro Experimental de Kallutaca plantea una oportunidad única para abordar esta laguna de conocimiento y explorar una alternativa innovadora y sostenible para el cultivo de Col rizada. Es crucial investigar como la introducción de abono de humus de lombriz podría influir en las características agronómicas del cultivo, así como en su viabilidad socioeconómica para los productores de la región.

1.2. Justificación

La investigación propuesta sobre la evaluación agronómica de variedades del cultivo de col rizada (*Brassica oleracea*) surge como una oportunidad emocionante y relevante en el campo de la agricultura sostenible. La importancia de esta investigación radica en la necesidad apremiante de encontrar soluciones innovadoras y eficientes que impulsen la producción agrícola, garantizando alimentos de calidad y contribuyendo al desarrollo socioeconómico de las comunidades.

Además, al evaluar el impacto socioeconómico de este sistema en los productores agrícolas, se busca no solo mejorar la productividad y calidad de los cultivos, sino también generar oportunidades de crecimiento y desarrollo. La implementación exitosa de humus de lombriz podría significar un cambio significativo en la forma en que se cultiva la col rizada, abriendo nuevas posibilidades para la producción agrícola sostenible y rentable.

El uso de humus de lombriz como fertilizante orgánico representa una alternativa ecológica y

rentable frente a los fertilizantes químicos convencionales los cuales han sido responsables de la degradación progresiva del suelo. El humus no solo mejora la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua, sino que también aporta microorganismos benéficos y nutrientes esenciales que promueven un crecimiento vegetal saludable.

1.3. Objetivos

1.3.1.1. Objetivo general

- Evaluar el rendimiento de dos variedades de col rizada (*Brassica oleracea*) bajo tres niveles de aplicación de humus de lombriz en la Estación Experimental de Kallutaca.

1.3.1.2. Objetivos específicos

- Comparar las características agronómicas de dos variedades de col rizada con tres niveles de aplicación de humus de lombriz
- Evaluar el efecto del abono orgánico de humus de lombriz sobre el rendimiento del cultivo de dos variedades de col rizada (*Brassica oleracea*)
- Determinar la relación B/C de la producción de dos variedades de col rizada con tres niveles de fertilizantes.

1.4. Hipótesis

Ho: No existe diferencias significativas entre las variedades de col rizada (*Brassica oleracea*) bajo tres niveles de aplicación de humus de lombriz en el Centro Experimental de Kallutaca.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Descripción del cultivo de col rizada

El Kale tiene un número de cromosomas de $n=9$ o $2n=18$ y es derivado de col silvestre (*Brassica oleracea*), un tamaño de genoma de 488 mbp. La diversidad de las *Brassicaceae* proviene de una triplicación de genoma completo en un ancestro de *B. rapa* que facilitó hibridación y especiación a través del reordenamiento genómico y retención génica sesgada (Cheng, 2014).

2.1.1.1. Origen del cultivo de col rizada

La col rizada (*Brassica oleracea*) es una hortaliza de hoja originaria de Asia menor, se difundió en Europa ya desde el año 600 D.C., principalmente en el Centro y Norte europeo, el Kale ha sido cultivado por más de 2.000 años en Europa, fue la hortaliza verde más consumida hasta la Edad Media, cuando los repollos se hicieron más populares. Históricamente ha sido de mayor importancia en regiones frías debido a su resistencia a heladas. En la actualidad, es una hortaliza globalmente cultivada en un amplio rango de latitudes, pero principalmente en el norte y centro de Europa, como también en Norteamérica también especie originaria del este de Turquía, llegó a Europa expandiéndose a casi todo el mundo debido al particular sabor y contenido nutricional de sus hojas es rica en calcio, hierro, vitaminas y posee sustancias anticancerígenas (Reyna, 2022).

La col rizada pertenece a la familia Cruciferae, en donde existen 341 géneros y al menos 3.977 especies distribuidas a nivel mundial y se utiliza en la alimentación. El Kale más conocido como col rizada (*Brassica oleracea*), se caracteriza por tener hojas carnosas con altas concentraciones de glucosinolatos y proteínas, calcio, hierro, magnesio, potasio y vitaminas C, K y A, ricos en ácidos grasos omega 3 (Becerra, 2014).

Tiene las características antioxidantes como vitamina C, carotenoides, flavonoides, que le dan propiedades anticancerígenas y desintoxicantes, motivo por el cual le llegan a llamar el super alimento (Almaguer, 2012).

2.1.2. Clasificación taxonómica

Según USDA. (2012), la clasificación taxonómica de la col rizada es la siguiente:

Reino: Plantae
 División: Magnoliophyta
 Clase: Magnoliopsida
 Orden: Brassicales
 Familia: Brassicaceae
 Género: Brassica
 Especie: Brassica oleracea var. acephala auct.
 Nombre Científico: *Brassica oleracea*
 Nombre común: Col rizada o Kale

2.1.3. Propiedades de la col rizada

La col rizada se destaca por las siguientes propiedades:

- a. Propiedades funcionales: La col rizada es un vegetal anticancerígeno al inhibir el desarrollo del cáncer al tener distintos compuestos que protegen las células como glucosinolatos y nitrilos y la fibra en la col rizada ofrece protección contra la diabetes y también contribuye a la salud de la piel, se atribuye a la pérdida de peso al tener pocas calorías y reduce el colesterol alto (Michalak, 2020).
- b. Propiedades alimenticias: La col rizada tiene las siguientes características: Es un superalimento y se suele consumir el Kale fresco, en ensaladas, acompañarlo de distintos alimentos o en batidos (Gottau, 2016).
- c. Propiedades biológicas: Atribuye que en las hojas verdes hay grandes cantidades de clorofila, complejos proteicos que cosechan y convierten la energía solar en energía química (Horigome, 2013).

2.2. Características agronómicas del cultivo de col rizada

El Kale o col rizada es una hortaliza de hoja, contiene una gran cantidad de nutrientes y se emplea en diversos platillos, jugos y tratamientos de dieta. Es una verdura que se caracteriza por ser fácil de cultivar, se cultiva a campo abierto (Centeno, 2021).

La col rizada no forma cabezas como el repollo o pimientos comestibles como el brócoli y la coliflor. Viejos cultivares de col tienen hojas grandes y aplanadas, pero los nuevos poseen los bordes de las hojas rizados. El Kale es una planta muy resistente a las heladas, y para uso doméstico es una práctica común cosechar hojas individualmente de las plantas durante el otoño e invierno (Albornoz, 2014).

Esta especie se caracteriza por poseer un tallo erecto no ramificado y alargado; en el que se insertan numerosas hojas simples, pecioladas, oblongas, con bordes rizados y glabras, que se disponen a lo largo del tallo a través de una filotaxis alterna espiralada. Presenta flores agrupadas en una inflorescencia racemosa, de 2,5 cm de diámetro, con pedicelos de 8-20 mm, en racimos paniculados de 20- 300 flores; sépalos oblongos estrechos, erectos; pétalos amarillos de 1,5-2cm de longitud y de 2-5 mm de diámetro. Es de polinización alógama (entomofilia) y sus frutos son silicuas, necesitando un proceso de vernalización para florecer en relación a la anatomía de esta familia, las plantas poseen un mesófilo dorsiventral con tres a cuatro estratos de parénquima empalizada y esponjoso compacto, en una relación de espesor tres a uno, con epidermis uniestrada en la nervadura central (Marrone, 2021).

2.3. Descripción morfológica

Según Garcia (2015), la col rizada es un cultivo de hoja y a continuación se describe la morfología de la hortaliza de manera general, la cual puede variar entre variedades.

- Raíz: La forma de raíz de esta especie es de arraigamiento superficial, con raíz pivotante que alcanza hasta los 80 cm de profundidad, pero cuya masa radical más importante (raíces secundarias, terciarias y raicillas) se concentran en los primeros 40 a 60 cm del perfil del suelo.
- Tallo: Durante el primer ciclo vegetativo la col rizada forma un tallo largo herbáceo y erecto donde están distribuidos las hojas a lo largo del tallo de manera intercalar, la altura del tallo depende de la variedad y por diversos factores. Hojas: Las hojas de esta especie son simples, grandes, irregulares, anchas y de variadas formas según la variedad (ovales, oblongas, rizadas partidas), lobuladas en su base, pecas gruesas, pueden ser sésiles y de pedúnculo largo, limbo redondeado o elipsoidal, presenta nervaduras muy notorias, presentándose muy gruesa. Los colores de las hojas pueden ser verdes claros, verde oscuro, rojas, sus nervaduras pueden ser verdes o rojas.
- Flor: Se produce durante el segundo ciclo vegetativo cuando la planta alcanza una altura entre 1,20 – 1,50m este se ramifica formando racimos florales, las flores en gran número son amarilla o blanquecinas y se disponen en racimo en el extremo del tallo.
- Fruto: La col rizada son plantas bianuales, por lo que producen fruto al segundo año. Sus flores son de color amarillo y las semillas se encuentran en pequeñas vainas. El fruto es una silicua cilíndrica, semejante a una pequeña vaina, dehiscente y glabra de aproximadamente 10 cm de longitud y 4 a 5 cm de ancho y contiene unas 20 semillas por lóculo, (2 mm de diámetro) de coloración marrón.

2.3.1. Ciclo del cultivo

Frezza (2019), indica el cultivo de col rizada está comprendido en dos ciclos:

- 1° ciclo: producción vegetativa (de aproximadamente 6 -7 meses)
- 2° ciclo: floración- fructificación- producción de semillas (inducción floral bajas temperatura y días cortos).

2.3.2. Propagación

2.3.2.1. Siembra

Según Sonmatico (2018), hay dos métodos para realizar la siembra; en almácigo o a campo bajo siembra directa o al voleo. Para hacer un uso más eficiente del agua, nutriente y espacio, es mejor realizar el cultivo bajo cubierta, pero en caso de no contar con los implementos, a campo también se observa un buen desarrollo y crecimiento. Así mismo la misma autora, menciona que la semilla es una pequeña esfera color negro grisáceo de aproximadamente 1 mm de diámetro. En caso de sembrar bajo cubierta (o en maceta) se recomienda mezclar tierra con compost. La profundidad de siembra es 1.5 cm aproximadamente, luego cubrir con tierra y regar inmediatamente.

Sonmatico (2018), señala que las semillas se siembran directas sobre el suelo, y madurarán entre 55 a 75 días, mientras que si hacemos almácigos se acelera el proceso y estarán listas para la cosecha en unos 30 a 40 días.

Según Saavedra (2019), este cultivo se puede manejar de las dos maneras tradicionales, siembra directa y almácigo trasplante. En siembra directa se usan aproximadamente 4 a 5 kg/ha de semilla en hilera simple distanciando entre hileras 0,7 a 0,75 m. En este sistema, la fecha de siembra debe ser más temprano para favorecer la germinación de la semilla con mejor temperatura de suelo antes que comience el enfriamiento y el posterior desarrollo primario de plantas en su establecimiento.

2.3.2.2. Trasplante

Nicholls (2008), indica que el trasplante se realiza una vez que se observen el segundo par de hojas verdaderas. Comienza a emerger entre 4 a 7 días desde la siembra, este período es crítico para el cultivo; por lo tanto, es importante un adecuado suministro de agua, necesario para la imbibición de la semilla para de esta forma, lograr una correcta germinación.

Según Sommatico (2018), las plántulas emergerán de 4 a 7 días después de sembrarlas, es importante siempre mantener la humedad del semillero para que las plántulas se desarrollen bien. Las plántulas estarán listas para el trasplante cuando comiencen a salir el segundo par de hojas verdaderas.

Antes del trasplante se debe preparar el suelo y aplicar composta. La distancia entre plantas es de 20-25 cm dependiendo de la variedad y el espacio disponible (Sommatico, 2018).

2.3.2.3. Cosecha

Mannise (2019), indica que el momento de cosechar es cuando las hojas, tienen 15 a 20 cm de ancho, se van cortando las hojas una a una, comenzando con las hojas más bajas y externas, y continuando hacia el centro así mismo menciona que es recomendable dejar algunas de las hojas centrales adheridas para estimular el crecimiento, en la mayoría de los casos se puede cosechar a partir de la misma planta de nuevo en cinco a siete días.

La cosecha puede comenzar una vez que el cultivo tenga más de cinco hojas verdaderas. Así mismo recomienda comenzar a cosechar primero las hojas externas de la planta ya que esto fomenta su crecimiento, es importante dejar el punto de crecimiento, ya que de ahí se desarrollarán nuevas hojas (Sommatico, 2018).

La cosecha de Kale es escalonada en planta y en cultivo, de allí las hojas se pueden cosechar en diferentes etapas de madurez y desarrollo. Esto representa un problema postcosecha, debido al rendimiento heterogéneo y la calidad de las hojas en diferentes etapas de madurez, particularmente aquellas destinadas al procesamiento de cortado (Albornoz, 2014).

Las coles se pueden cosechar de dos maneras; en el caso de plantas pequeñas que necesitan ralearse, corte toda la planta alrededor de cuatro pulgadas sobre el suelo algunas veces volverán a brotar desde el lateral del tallo. Generalmente, solo se cosechan las hojas de las coles. Esto permite que la planta continúe creciendo y produciendo más hojas. En regiones templadas como el sur de Texas y las áreas costeras, las coles generan producción durante todo el invierno (Masabni, 2014).

El indicador que las hojas están listas para ser cosechadas es el tamaño y suavidad de estas, que no alcancen a ponerse fibrosas y duras. La cosecha se realiza inicialmente por hojas desde abajo, o sea las hojas más viejas, pero una vez que la planta alcanza su altura definitiva, se debe cosechar completa para que no pierda calidad culinaria (Saavedra, 2019).

2.4. Variedades de col rizada

2.4.1. Kale variedad Gruner Krauser

La col rizada de esta variedad tiene hojas planas, franjadas sus hojas pueden tener un tinte verde blanquesino, tallo verde oscuro y tiene un gran sabor que se describe como dulce y suave. Aunque estos Kales son uno de los más dulces, con tallos fibrosos increíblemente resistentes y leñosos (Hilaquita, 2017).

2.4.2. Variedad berza

Es de color verde oscuro y bordes rizados, las nervaduras de la hoja de color verdes claras a blanquecinas, tiene tallos fibrosos al igual que la col rusa, su sabor es un poco picante y amargo. Es mejor consumir hojas jóvenes, con sabor menos amargo. puede soportar temperaturas difíciles y resiste fácilmente las plagas (Hilaquita, 2017).

2.5. Rendimiento del cultivo de col de rizada

El rendimiento en peso promedio total de hojas, refleja el efecto de los tratamientos, por lo que se tomara como peso promedio total, el peso de las hojas de las tres cosechas por dosis y variedad, procediéndose a realizar un promedio y con los datos finales también indica que para un ambiente atemperado de 25 m² de superficie útil, halló un rendimiento de 4 a 5 kg/m², y a la intemperie 3 a 4 kg/m². Por otra parte, haciendo una proyección para un año de cultivo de col rizada, señala que 2 m² cultivados producen 15 kg/año (Ticona, 2018).

2.6. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de col rizada

2.6.1. Temperatura

La col rizada es una de las hortalizas de invierno que expuesta a bajas temperaturas y radiación solar es capaz de crecer. Es una de las plantas más versátiles de cultivar, la col se adapta a una: Altitud de 1000 a 3100 m.s.n.m. Clima cálido, sub cálido, prefiere templado y frío, con una precipitación de 700 a 1500 mm, una temperatura óptima de 12 a 18 °C, mínima 10 °C máxima 27 °C, necesita de 4 a 8 horas sol por día en cielo despejado y una humedad relativa de 90-95% (Ticona, 2018).

2.6.2. Luz y humedad relativa

El cultivo de col rizada no requiere excesiva luz, perjudicándole cuando ésta es elevada, si va acompañada de un aumento de la temperatura. La humedad relativa está comprendida entre el 60 y 90% en cultivos en invernadero (Aruquipa, 2021a).

2.6.3. Suelo

La col rizada se adapta a casi todos los suelos de consistencia media, profunda y francos, abundante estercolado especialmente aquellos suelos de buena retención de humedad. La reacción óptima del suelo es la ligeramente ácida hasta la ligeramente alcalina (pH alrededor de 6.0 - 7.5) (Diaz, 2019).

2.6.4. Riego

Según Luna (2023), los cultivos de las *Brassica spp.* es importante el aporte de agua. El cultivo debe recibir durante su ciclo vegetativo una lámina de agua de 600-650 mm, incluyendo el agua proveniente de las precipitaciones. En verano, es recomendable regar diariamente hasta que las plantas estén bien establecidas. Por otro lado, se considera que el consumo total por parte de cultivo de col rizada.

Es de 4.000 m³ de agua por hectárea. A pesar de la gran ramificación radicular de las *Brassicaceae* precisa de grandes volúmenes de agua o humedad constante, debido a que las hojas son bien desarrolladas y abundantes, lo que provoca una alta transpiración. Tras el trasplante, el suelo debe estar mínimo al 80% de la capacidad de campo, los cambios bruscos de humedad hacen que las hojas se dañen y pierdan su calidad (Olivos, 2016).

2.6.5. Abono humus de lombriz

La col rizada es una hortaliza de hoja por lo cual requiere de abonos ricos en nitrógeno, al momento de trasplantarlo debe abonarse bien el suelo debido a que por medio de este se proporcionará nutrientes y se ayudará en su porosidad entre los abonos que pueden ser considerados están en el humus de lombriz y compost (Garcia, 2015).

El Humus de lombriz, también llamado "vermicompost", es un tipo de abono orgánico resultado del proceso de descomposición de materiales biodegradables, los cuales son descompuestos por lombrices el proceso inicia cuando la lombriz se alimenta de desechos de cocina o cualquier desecho orgánico biodegradable y lo transforma en humus (materia orgánica bien

descompuesta). El abono "vermicompost", no solo aporta nutrientes a las plantas también el humus de lombriz es un biorregulador, fertilizante que nos ayudara en el cultivo de col rizada. Este nutriente orgánico no solo es un acelerador de compostaje, sino que además produce un incremento en el porte de las plantas protege de enfermedades y plagas, así como cambios bruscos de temperatura (Centeno, 2021).

Izar (2014), indica que el humus de lombriz es un fertilizante orgánico 100% natural, debido a su contenido de varios elementos, siendo los principales nitrógeno, fósforo y potasio (NPK); es la materia orgánica degradada a su último estado de descomposición por efecto de microorganismos en el cual la lombriz excreta 60% para el abono orgánico y el 40 % son asimilados y se convierte en biomasa de lombriz normalmente se emplea una mezcla de suelo con material orgánico fresco (restos de vegetales, estiércol, etc.) en una proporción de 3:1, o material orgánico compostado con material fresco en proporción 2:1 respectivamente.

Duran (2018), menciona que el humus de lombriz es un producto orgánico de textura granulosa, húmedo, que no fermenta ni presenta olor. Su incorporación a los suelos aumenta el nivel de nutrientes y materia orgánica; facilita la absorción de agua para los vegetales; acelera la germinación y el desarrollo de raíces, hojas, flores y frutos de las plantas de interior y exterior y las torna más resistentes a plagas y enfermedades.

2.6.5.1. Composición química del humus de lombriz

Rivas (2018), menciona que el contenido de nutrimentos está relacionado con el sustrato, sus características físicas, su composición bioquímica y bacteriológica que le dio origen.

Castillo (2010), remarca que el humus de lombriz es un biorregulador, fertilizante y corrector orgánico del suelo. Este nutriente orgánico no solo es un acelerador de compostaje, sino que además produce un incremento en el porte de las plantas; protege de enfermedades y plagas, así como cambios bruscos de temperatura y humedad.

La composición y calidad de vermicompost está en función del valor nutritivo de los desechos que consume la lombriz. Un manejo adecuado de los desechos, así como una mezcla bien balanceada, permite obtener un material de excelente calidad. Variaciones en la alimentación de la lombriz demuestran diferentes resultados en la composición nutritiva del humus, pudiendo significar aportes diferentes de nutrientes a la hora de aplicarlos en los cultivos (Martínez, 1996).

2.6.5.2. Características y Propiedades del humus de lombriz

León (2017) menciona que la primera y más importante, es su riqueza en flora microbiana (1gr. de humus contiene aproximadamente 2 billones de microorganismos vivos) que al ponerse en contacto con el suelo aumenta la capacidad biológica de este y como consecuencia su capacidad de producción vegetal.

2.6.5.3. Ventajas del humus de lombriz

Según Blanco (2015) refiere que las ventajas del humus de lombriz son químicas, físicas y biológicas:

Ventajas químicas del humus de lombriz

- Incrementa la disponibilidad de Nitrógeno, Fósforo y Azufre, fundamentalmente Nitrógeno.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente Nitrógeno.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampón inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.

Ventajas físicas del humus de lombriz

- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados, compactos y ligosos de los suelos sueltos y arenosos, por consiguiente, mejora su porosidad.
- Mejora la permeabilidad y ventilación.
- Reduce la erosión del suelo. Incrementa la capacidad de retención de humedad.
- Confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica.
- Favorece un buen desarrollo de las raíces de las plantas.

Ventajas biológicas del humus de lombriz

- Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros, se incrementa y diversifica la flora microbiana.
- El lombrihumus contiene altas poblaciones de microorganismos que colaboran en los procesos de formación del suelo, solubilizan nutrientes para ponerlos a disposición de las plantas y previenen el desarrollo de altas poblaciones de otros microorganismos.
- El lombrihumus contiene macronutrientes como; nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio; micronutrientes como boro, zinc, hierro, manganeso y cobre el cual significa que el lombrihumus proporciona una dieta completa a las plantas.

2.7. Plagas y enfermedades

2.7.1. Plagas

De acuerdo con Ordas (2004), el cultivo sufre el ataque de las siguientes enfermedades:

- **Orugas (*Pieris brassicae*, *Mamestra brassica*) *Pieris brassicae*:**

Son mariposas de color blanco con manchas negras en las alas. En primavera aparecen las larvas de color gris que devoran las hojas de la col rizada. Suelen tener varias generaciones al año. *Mamestra brassicae*: es una mariposa de costumbres nocturnas; sus larvas se alimentan de las hojas más tiernas de la col rizada (Capinera, 2008).

- **Polillas (*Plutella xylostella*, *Hellula undalis*).**

Las larvas de ambas especies tienen aproximadamente 1 cm. de longitud. La mariposa es de color gris, de hábitos crepusculares y nocturnos, permaneciendo oculta y resguardada durante el día bajo las hojas. Al comienzo de la fase larvaria roen el tejido foliar, pero al crecer tiene predilección por los brotes tiernos (Capinera, 2008).

- **Pulgón ceroso de las crucíferas (*Brevicoryne brassicae*).**

Son de color gris verdoso, con la particularidad de la secreción cerosa blanquecina. Sus ataques se manifiestan en áreas muy concretas y limitadas, iniciando la colonización en las hojas más jóvenes. Si el ataque es muy intenso puede dar lugar a la muerte de las plantas (Avila, 2013).

2.7.2. Enfermedades

Entre las enfermedades más frecuentes en el cultivo de Kale se encuentran:

- **Botritis (*Botrytis cinerea*).**

Es el causante de la pudrición de los tejidos, desarrollándose siempre en condiciones de elevada humedad. El ataque puede resultar grave si en el suelo hubo cultivo anteriormente infectado por esta misma enfermedad. Los ataques suelen presentarse tanto en hojas como en el cuello de las plantas (Quinatoa, 2015).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo se llevará a cabo en la Estación Experimental de Kallutaca, de la Universidad Pública de El Alto, ubicado a 20 km al sur este de la ciudad de La Paz, en la provincia Los Andes, municipio de Laja, encontrándose en posiciones geográficas, entre los paralelos de 16031'26" de latitud sur y 68018'31" de longitud oeste elevación de 3906 msnm (Layme (2016)).

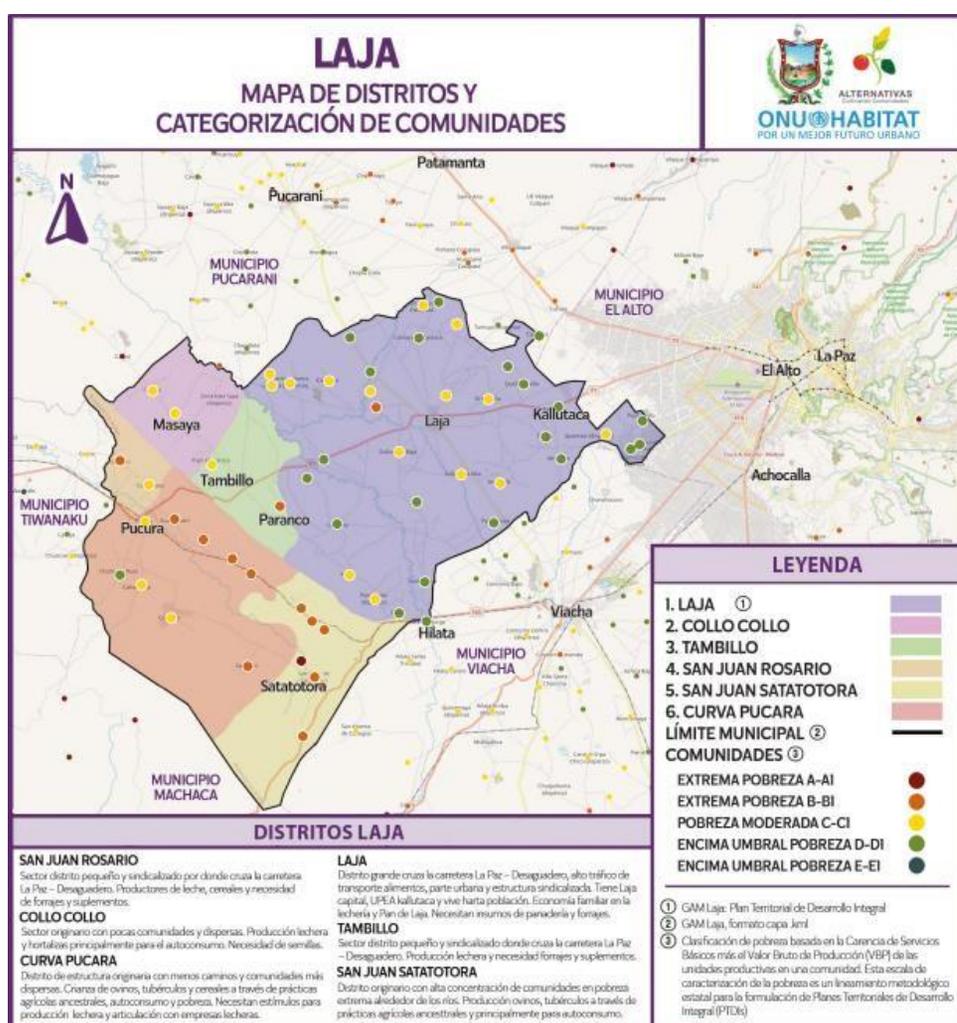


Figura 1. Ubicación geográfica (Earth, 2022)

2.8.1 Características Edafoclimáticas

3.1.1.2. Clima

El Centro Experimental presenta los siguientes datos en cuanto a clima: Las precipitaciones anuales llegan a los 667mm, el promedio máximo es de 911 mm y la mínima en promedio es de 404 mm, la humedad relativa está por los 40.0%, donde la temperatura puede llegar hasta una máxima de 15. 7° C, y mínima de -2. 8° C, esto es dependiendo a la estación en la que uno se encuentre, y la precipitación anual para la zona es de 613.1 (Layme, 2016).

La evaporación media encuentra los máximos valores en los meses de septiembre a febrero con 5 a 5.2 mm como promedio, en los meses de marzo a julio disminuye entre 4.1 a 3.9 mm con una acumulación anual de 55.2 mm (Guarachi, 2011).

En cuanto a la precipitación media anual para la zona de estudio es 613.1mm *año-1, en los meses de diciembre y enero se tienen las mayores precipitaciones entre 113.1 a 141.3 mm* mes-1 respectivamente (Guarachi, 2011).

3.1.1.3. Suelo

La textura del área del Centro Experimental es de suelos francos arcillosos, de formación fluvio-lacustre con una característica de bofedales (Layme, 2016).

De acuerdo al análisis físico químico de suelos bajo el respaldo del Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA-UMSA) y el laboratorio químico de suelos de la UMSS, presentan suelos franco-arcillosos, densidad aparente presenta 1.32 y 1.11 g/cm³ respectivamente; en cuanto al pH del suelo de 7.4 se tiene una conductividad eléctrica de 2.3 dS/m; asimismo, presentan una acumulación de 4.4 % de materia orgánico (Huanca (1996).

3.1.1.4. Flora

Debido a las características del suelo y clima, se adaptaron en están condiciones favorables para estas especies, en los medios altiplanos varias especies de la familia gramínea son de mayor predominancia como: la Paja brava o Ichu (*Stipa ichu*), entre la familia leguminosa, Layu (*Trifolium amabile*), Garbancillo (*Astragalus sp*), entre la familia cyperaceas Pastos totora (*Carex sp*), entre la familia Chenopodiaceas Wari kauchi (*Atriplex nitrophyloides*), entre la familia rosaceae (*Tarasa tenella*) de acuerdo a zonificación de vegetación (Layme, 2016).

3.2. Materiales

En el presente estudio, se utilizarán diversos materiales que son fundamentales para la evaluación del rendimiento de las variedades de col rizada (*Brassica oleracea*) en función de la aplicación de humus de lombriz. Los materiales se seleccionarán cuidadosamente para asegurar que se cumplan los objetivos de la investigación y se obtengan resultados precisos y significativos.

3.2.1. Material biológico

Semillas de dos variedades de col rizada

- Variedad Berza
- Variedad Gruner Krauser

3.2.2. Material de gabinete

- Cuaderno de campo
- Tijera
- Pluma
- Fichas de registro
- Balde
- Rastrillo
- Estacas de madera
- Balanza de precisión
- Cámara fotográfica
- Caja de almacigo

3.2.3. Material de gabinete

- Cuaderno de campo

- Tijera
- Pluma
- Fichas de registro
- Balde
- Rastrillo
- Estacas de madera
- Balanza de precisión
- Cámara fotográfica

3.2.4. Material de campo

- Tablero de campo Balde
- Cinta métrica
- Fichas de identificación
- Cuerda
- Pala
- Picota
- Carretilla

3.2.5. Equipos de computación

- Material bibliográfico
- Impresora
- Laptop

3.3. Metodología

3.3.1. Desarrollo del ensayo

La investigación se llevó a cabo en un invernadero con cubierta plástica de color blanco y amarillo, incluyendo los laterales. Este tipo de invernadero es especialmente ventajoso para el cultivo de hortalizas como la col rizada (*Brassica oleracea*), ya que permite una regulación eficiente de la temperatura y la humedad, factores cruciales para el crecimiento óptimo de las plantas. La superficie total del invernadero que proporciona un espacio adecuado para el establecimiento de los tratamientos experimentales y la observación de las diferentes variedades de col rizada.

Durante la investigación sobre el rendimiento de dos variedades de col rizada (*Brassica oleracea*) bajo tres niveles de aplicación de humus de lombriz, se registraron variaciones. El presente trabajo de investigación se realizó en Centro Experimental de Kallutaca de la Carrera Ingeniería Agronómica, de la Universidad Pública de El Alto en los ambientes atemperados de producción de col rizada (*Brassica oleracea*) bajo tres niveles de aplicación de humus de lombriz entre los meses de abril a agosto de 2024.

3.3.1.1. Almacigo

Se realizaron almacigos para las dos variedades de col rizada (*Brassica oleracea*) en cajas de madera de dimensiones 100 cm de largo, 50 cm de ancho y 50 cm de alto. El sustrato utilizado fue una mezcla cuidadosamente formulada, compuesta por 40% de suelo, 35% de turba, 15% de arena y 10% de compost. Esta mezcla se cernió previamente para eliminar piedras y residuos orgánicos que podrían afectar el desarrollo de las plántulas. La elección de este sustrato se basó en su capacidad para proporcionar un buen drenaje y retención de humedad, condiciones fundamentales para el óptimo desarrollo de los plantines durante la fase inicial de crecimiento, como se observa en la Figura 1.



Figura 1. Cama de almácigo del cultivo de Kale

3.3.1.2. Preparación del terreno

La preparación del terreno se llevó a cabo de manera manual, utilizando herramientas tradicionales como picotas y motocultor Tal como muestra la Figura 2, lo que permitió un manejo más cuidadoso del suelo. Este proceso alcanzó una profundidad de entre 10 y 20 cm, garantizando que el suelo estuviera adecuadamente aireado y libre de compactación. Posteriormente, se realizó el desterronado, que consistió en la remoción de piedras y material indeseable, así como en la incorporación de materia orgánica para mejorar la fertilidad del suelo. Este paso fue crucial para proporcionar un entorno favorable para el desarrollo radicular de las plantas.



Figura 2. Preparación del terreno para el cultivo

3.3.1.3. Delimitación del área

La delimitación del área se realizó una vez finalizada la preparación y nivelación del suelo. Se desarrolló un espacio de 0,5 m entre bloques para facilitar el acceso y los trabajos de manejo agronómico. Utilizando cordeles y estacas, se delinearon las parcelas experimentales según el croquis previamente diseñado para el experimento. Esta delimitación no solo ayudó a organizar el espacio, sino que también permitió una clara identificación de cada tratamiento, lo que es esencial para la recolección de datos y el posterior análisis de resultados.

3.3.1.4. Trasplante

El trasplante se llevó a cabo cuando los plantines presentaron entre 4 y 6 hojas verdaderas, un indicador de que las plántulas estaban listas para ser trasladadas al campo, como se evidencia en la Figura 3. Este evento se produjo aproximadamente entre 20 y 25 días después de la siembra en los almácigos. La disposición de las plantas se realizó con una distancia de 50 cm entre surcos y 30 cm entre cada planta, lo que permite un espacio adecuado para el crecimiento y desarrollo de las hojas, así como para la circulación de aire y la prevención de enfermedades. Este manejo del trasplante fue fundamental para asegurar que cada planta tuviera el espacio necesario para alcanzar su máximo potencial.



Figura 3. Trasplante del cultivo de Kale

3.3.1.5. Aplicación de humus de lombriz

La aplicación de humus de lombriz se realizó como se refleja en la Figura 4, inmediatamente después de la preparación del terreno, antes del trasplante. Se aplicó de acuerdo con los niveles de 0 g, 5 g y 10 g por planta para humus sobre la superficie del suelo de la parcela experimental. Esta enmienda orgánica es conocida por su alto contenido de nutrientes y su capacidad para mejorar la estructura del suelo, favoreciendo la retención de humedad y promoviendo la actividad biológica del suelo. Además, el humus de lombriz proporciona un medio propicio para el crecimiento de las raíces, lo que resulta en un desarrollo vegetativo más vigoroso y una mayor resistencia a plagas y enfermedades.



Figura 4. Aplicación del humus de lombriz por planta

3.3.1.6. Riego

El riego se implementó en cada unidad experimental con un enfoque metódico. Durante los primeros 5 días después del trasplante, se realizó un riego diario para asegurar que las plántulas establecieran un sistema radicular robusto en su nuevo entorno. Posteriormente, el riego se ajustó a un intervalo día por medio, con el objetivo de mantener una humedad constante en el suelo. Este manejo hídrico es esencial, ya que una adecuada disponibilidad de agua es crucial para el crecimiento vegetativo y el desarrollo de las coles, especialmente en la fase inicial donde la planta es más vulnerable.

3.3.1.7. Deshierbe

El deshierbe se llevó a cabo de forma manual utilizando una chontilla, comenzando cuando las plantas apenas comenzaban a prender y continuando a lo largo de su desarrollo fenológico. Este control de malezas fue crucial para minimizar la competencia por recursos tales como agua, luz y nutrientes. Los deshierbes se realizan regularmente, garantizando que las plantas de col rizadas tengan un entorno libre de malezas que puedan obstaculizar su crecimiento y desarrollo.

3.3.1.8. Poda

Tal como se ilustra en la Figura 5, la poda se realizó aproximadamente entre 1,5 y 2 meses después del trasplante. Este proceso implicó la eliminación de las hojas que tocaban el suelo, lo que ayudó a uniformizar la densidad de las plantas y prevenir enfermedades asociadas a la humedad en la base de las plantas. La poda se realizó manualmente, asegurando que se mantuviera un espacio de 20 cm entre plantas, lo que es fundamental para evitar la competencia por recursos. Esta práctica no solo mejoró la circulación de aire, sino que también contribuyó a la salud general de las plantas, promoviendo un crecimiento más vigoroso.



Figura 5. Poda del Kale

3.3.1.9. Aporque

El aporque se llevó a cabo entre 30 y 50 días después del trasplante, cuando las plantas alcanzaron una altura de entre 20 y 30 cm. Esta práctica consistió en apilar tierra alrededor de la base de las plantas, lo que contribuyó a estabilizar su estructura y fomentar el desarrollo de raíces adicionales. El aporque es una técnica tradicional que se ha utilizado para mejorar el soporte de las plantas y aumentar su capacidad de absorción de nutrientes y agua.

3.3.1.10. Cosecha

Según se muestra en la Figura 6, la cosecha de las hojas de col rizada se realizó dos meses después del trasplante, momento en el cual las plantas alcanzaron una altura mínima de 25 cm, asegurando que las hojas fueran suficientemente grandes para la recolección. La operación de cosecha consistió en quitar las hojas de los bordes de la planta, comenzando de derecha a izquierda, con especial cuidado para evitar daños en el cuello de la planta. Esta técnica de cosecha es fundamental, ya que permite a la planta continuar su crecimiento y producción, favoreciendo cosechas posteriores.



Figura 6. Cosecha del Kale

3.3.2. Diseño experimental

En el presente estudio se empleó el diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, teniendo tres tratamientos en parcela pequeña y tres tratamientos en parcela grande; los cuales se distribuyeron en tres bloques, totalizando 18 unidades experimentales. Teniendo el siguiente modelo lineal.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij} + \gamma_k + (\alpha * \gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

y_{ijk} = Observación cualquiera de la variable de respuesta

μ = Media poblacional

β_j = Efecto de j-ésima bloque ($j = 4$)

α_i = Efecto de la i-ésimo nivel de abono de humus de lombriz

ε_{ij} = Error "a" de la parcela grande

γ_k = Abono humus de lombriz sobre la k-ésimo variedades de col de rizada

$(\alpha * \gamma)_{ik}$ = Efecto de la interacción de la i-ésimo nivel de abono con la k-ésimo variedad

ε_{ijk} = Error "b" de la parcela pequeña

3.3.3. Factores de estudio

Se llevó los siguientes factores:

Factor A = Niveles de humus de lombriz

$a_1 = 0$ g (sin aplicación)

$a_2 = 5$ g/planta

$a_3 = 10$ g / planta

Factor B = Variedades de col rizada

b1 = Variedad Gruner krauser

b2 = Variedad Berza

3.3.3.1. Formulación de tratamientos

De acuerdo con los factores en estudio, se formula los siguientes tratamientos:

T1 = (a2, b1) 5 g de humus de lombriz /planta + Gruner krauser

T2 = (a2, b2) 5 g de humus de lombriz / planta +Berza

T3 = (a1, b1) sin aplicación de humus de lombriz + Gruner krauser

T4 = (a1, b2) sin aplicación de humus de lombriz + Berza

T5 = (a3, b1) 10 g de humus de lombriz / planta + Gruner krauser

T6 = (a3, b2) 10 g de humus de lombriz / planta + Berza

3.3.4. Variables de respuesta**3.3.4.1. Porcentaje de emergencia (PE)**

Se consideraron los días transcurridos desde la siembra hasta que más del 90% de las plántulas del almácigo emergieron a la superficie del sustrato. Este parámetro se evaluó mediante observación directa, lo que permitió realizar un seguimiento detallado del desarrollo inicial de las plántulas en relación con los distintos niveles de humus de lombriz aplicados. Se documentaron variaciones en el tiempo de emergencia entre los tratamientos, lo que permitió inferir la influencia del humus en el desarrollo temprano de las plantas.

3.3.4.2. Altura de la planta (AP)

La altura de las plantas se calculó desde la base del tallo hasta la parte apical, mediciones que se realizan a cabo dos semanas después del trasplante. En cada evaluación, se seleccionaron 6 muestras al azar de cada tratamiento, y las mediciones se repitieron cada 7 días. Esta

práctica no solo permitió un seguimiento constante del crecimiento, sino que también facilitó la identificación de diferencias significativas entre las variedades de col y los niveles de aplicación de humus, proporcionando datos relevantes para el análisis del crecimiento vegetativo.

3.3.4.3. Longitud de hoja (LH)

La longitud de la hoja se midió dos meses después del trasplante y en cada etapa de cosecha. Utilizando una cinta métrica, se midió la longitud desde la base del limbo hasta el ápice de la hoja, tomando un total de 6 muestras cada 7 días. Este parámetro es fundamental para evaluar la capacidad fotosintética y el potencial de crecimiento de las plantas, dado que la longitud de las hojas influye directamente en la absorción de luz y la producción de biomasa.

3.3.4.4. Ancho de la hoja (AH)

Se midieron 6 muestras de ancho de hoja cada 7 días, utilizando una regla graduada para determinar la medida de extremo a extremo en la parte media de la hoja. Este parámetro complementó la información sobre la longitud de la hoja y proporcionó un perfil más completo del desarrollo foliar de las plantas. El ancho de la hoja es un indicador relevante de la salud y vigor de las plantas, ya que influye en su capacidad para realizar la fotosíntesis de manera efectiva.

3.3.4.5. Número de hojas (NH)

El número de hojas se determinó mediante un conteo exhaustivo en cada etapa de cosecha de las plantas muestreadas en cada unidad experimental. Este dato fue crucial para entender el potencial productivo de las variedades de col, ya que un mayor número de hojas suele correlacionarse con un incremento en la producción total de materia vegetal. El seguimiento del número de hojas permitió establecer correlaciones con los tratamientos de humus y la distancia de siembra.

3.3.4.6. Diámetro del tallo (DT)

El diámetro del tallo se midió en 6 plantas muestreadas de cada unidad experimental. Se evaluó a 30 días después del trasplante, a una altura de 10 cm desde la base del tallo en cada planta. Para realizar esta medición, se utilizó un vernier y se tomaron 6 medidas cada 7 días. El diámetro del tallo es un indicador directo del crecimiento y fortaleza de las plantas, y se demostró fundamental para evaluar la respuesta de las variedades al humus de lombriz, además de su resistencia a condiciones adversas.

3.3.4.7. Rendimiento (RT)

Se procedió a pesar de las hojas de las plantas de col rizada obtenidas de los diferentes tratamientos, en un ciclo de tres cosechas. Este proceso incluyó la separación y clasificación de las hojas según los tratamientos para su posterior análisis. Se calculó un promedio del rendimiento por tratamiento, lo que permitió establecer comparaciones claras entre los efectos de los distintos niveles de humus y variedades. Los datos de rendimiento son esenciales para evaluar la viabilidad comercial de las variedades de col rizada bajo las condiciones de la estación experimental.

3.3.4.8. Peso por planta (PP)

El pesaje de las hojas se realizó en las tres muestras de cada unidad experimental de las dos variedades de col. El proceso implicó el corte escalonado de las hojas, desde la parte inferior hasta la parte superior de la planta. Se utilizó una balanza analítica para registrar el peso de cada planta y muestra en todos los tratamientos. Este procedimiento permitió obtener un análisis detallado del rendimiento de cada variedad en relación con los diferentes niveles de aplicación de humus, proporcionando información crítica para las decisiones futuras en la producción de col rizada.

3.3.5. Análisis estadístico

Para el análisis de los datos obtenidos en el presente estudio, se utilizó el Infostat, una herramienta estadística ampliamente reconocida en el ámbito de la investigación agrícola. Este programa permitió realizar análisis estadísticos robustos y proporciona diferentes técnicas para evaluar la efectividad de los tratamientos aplicados.

Dado que la investigación se basó en un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas, se empleó el análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existían diferencias significativas en las variables dependientes estudiadas (como altura de planta, longitud de hoja, ancho de hoja, número de hojas, diámetro del tallo, rendimiento, pruebas de medias y peso por planta) entre los diferentes tratamientos (niveles de humus y variedades de col rizada). El ANOVA permite identificar las variaciones en los datos y establecer comparaciones entre los medios de los grupos.

3.3.6. Análisis económico

El beneficio bruto de campo de cada tratamiento se calcula multiplicando el precio de campo por el rendimiento ajustado (Aguilar, 2021).

Según Centeno (2022), para el análisis económico se procederá a calcular la relación B/C para cada uno de los tratamientos en estudio, mediante las siguientes relaciones:

a) Beneficio Bruto (BB)

$$BB=R*PP$$

Donde:

BB = Beneficio bruto

R = Rendimiento Ajustado

P = Precio del Producto

b) Beneficio Neto (BN)

Se calculo restando el total de los costos que varían del beneficio bruto de campo, para cada tratamiento.

$$BN = BB - CV$$

Donde:

BN = Beneficio Neto

BB = Beneficio Bruto

CV = Costo Variable de producción

c) Relación Beneficio/Costo (B/C)

Esta razón indica el retorno en dinero obtenido por cada unidad monetaria invertida. Por definición, resulta de dividir el ingreso bruto entre el costo total (Aguilar, 2021)

$$B/C=BB/CP$$

Donde:

Teniendo los siguientes rangos de evaluación:

Si el valor es = 1 ni ganancia ni perdidas

Si el valor es > 1 ganancia y si el valor es < 1 perdida

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Condiciones ambientales

4.1.1. Temperatura

En el análisis de las temperaturas semanales, se refleja que, durante el período considerado, la variación de la temperatura máxima alcanzó valores como 22.96 °C en varias ocasiones, mostrando que no ha sido uniforme a lo largo de las semanas. Las temperaturas mínimas también fluctuaron, destacando un valor de 3,33 °C. En general, las temperaturas medias variaron entre 9.8 °C y 13.9 °C, evidenciando diferencias significativas entre las semanas analizadas. Durante las semanas iniciales, las temperaturas fueron más elevadas, como se observa en las semanas 3 y 6, donde las máximas alcanzaron 20.62 °C y 22.96 °C, respectivamente. Sin embargo, se registraron descensos notables en las semanas posteriores, con máximas de 15.15 °C y mínimas de 4.27 °C, lo que indica un enfriamiento progresivo hacia el final del periodo analizado. Este comportamiento climático evidencia la variabilidad y las fluctuaciones que se han presentado, afectando las condiciones térmicas en la región durante las semanas estudiadas.

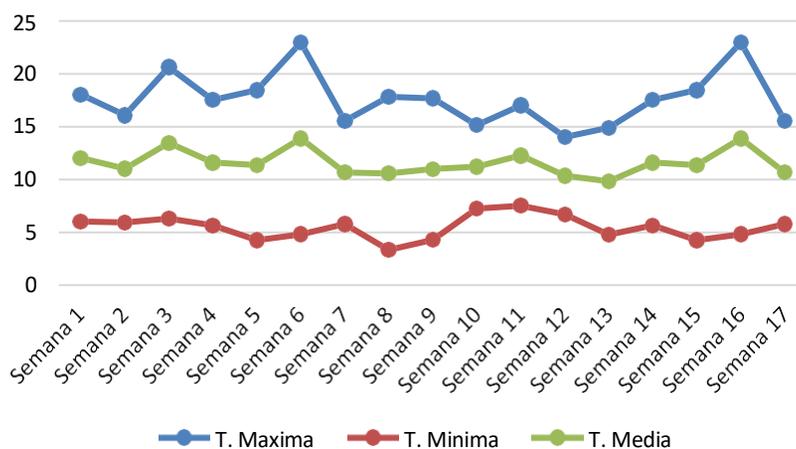


Figura 7. Temperaturas registradas en el invernadero (2024)

En el análisis de las temperaturas semanales, se observa un comportamiento variable a lo largo del período estudiado. En la Semana 1, la temperatura máxima fue de 18.03 °C, con una mínima de 6.02 °C, resultando en una temperatura media de 12.025 °C. Durante la Semana 2, la temperatura máxima disminuyó a 16.08 °C y la mínima se mantuvo en 5.94°C, generando una media de 11.01 °C. La Semana 3 marcó un incremento notable, con una máxima de 20.62 °C y una mínima de 6.29 °C, lo que dio como resultado una temperatura media de 13.455 °C.

En la Semana 4, las temperaturas se estabilizaron, alcanzando una máxima de 17.51 °C y una mínima de 5.67 °C, resultando en una media de 11.6 °C. La Semana 5 mostró un nivel de reducción en la temperatura máxima, que se registró en 18.45 °C, mientras que la mínima descendió a 4.27 °C, resultando en una media de 11.4 °C. Durante la Semana 6, se registró la temperatura máxima más alta del período, alcanzando 22.96 °C, con una mínima de 4.81 °C, dando lugar a una media de 13.9 °C.

Sin embargo, en la Semana 7, la temperatura máxima cayó a 15.54 °C, y la mínima se ubicó en 5.78 °C, con una media de 10.7 °C. En la Semana 8, la temperatura máxima continuó su descenso a 17.81 °C, mientras que la mínima se situó en 3.33 °C, resultando en una media de 10.6 °C. La Semana 9 presentó un ligero aumento en la temperatura máxima a 17.67 °C, con una mínima de 4.3 °C, lo que generó una media de 11.0 °C.

En la Semana 10, las temperaturas cayeron nuevamente, con una máxima de 15.15 °C y una mínima de 7.24 °C, dando como resultado una media de 11.2 °C. La Semana 11 mostró una recuperación, con una máxima de 17.01 °C y una mínima de 7.51 °C, logrando una media de 12.3 °C. Sin embargo, en la Semana 12, se observó una baja en la temperatura máxima a 14.02 °C y una mínima de 6.69 °C, resultando en una media de 10.4 °C.

La Semana 13 fue notable por su mínima de 4.76 °C y una máxima de 14.89 °C, lo que llevó a una media de 9.8 °C. En la Semana 14, la temperatura máxima se mantuvo en

17.51 °C, mientras que la mínima fue de 5.67 °C, generando una media de 11.6 °C. La Semana 15 presentó condiciones similares, con una máxima de 18.45 °C y una mínima de

4.27 °C, resultando en una media de 11.4 °C. Finalmente, en la Semana 16, se repitió la temperatura máxima de 22.96 °C, con una mínima de 4.81 °C y una media de 13.9 °C. La Semana 17 cerró el período con una máxima de 15.54 °C, una mínima de 5.78 °C y una media de 10.7 °C. Este análisis pone de manifiesto la variabilidad y las fluctuaciones en las temperaturas durante las semanas estudiadas, afectando potencialmente los ecosistemas y actividades agronómicas de la región.

Según Chavez (2017) refiere que entre los factores climáticos que influyen sobre el cultivo y la producción se encuentra la temperatura, que debe oscilar entre los 18-25 °C para que la planta pueda crecer correctamente y dar su fruto. Por debajo o por encima de esta temperatura óptima la planta no se consigue desarrollar adecuadamente y es posible que el cultivo no realice su ciclo biológico.

Según Vigliola (2003) señala que las condiciones de crecimiento de la planta apuntan a sus requerimientos climáticos y edáficos, a la vez también debemos conocer del cultivo las temperaturas medias de crecimiento, la respuesta a temperaturas extremas, la disponibilidad de nutrientes, las condiciones de textura y estructura de los suelos que necesita, etc.

4 Altura de la planta (AP) a los 20 días

Se tomó en cuenta los datos de la altura a las primeras dos semanas y la altura de planta a la cosecha final.

Según el Cuadro 1 de análisis de varianza para la variable Altura de la Planta a los 20 días, indica que no hubo efectos significativos de los niveles de humus de lombriz ($p = 0,7886$), de las variedades de kale ($p = 0,2013$), ni de la interacción entre ambos factores ($p = 0,343$) sobre la altura de las plantas a las dos semanas, lo que sugiere que, bajo las condiciones del experimento, ninguno de estos factores tuvo una influencia estadísticamente significativa en el crecimiento inicial del Kale. Además, los bloques tampoco presentaron diferencias significativas ($p = 0,2108$), lo que indica una variabilidad homogénea entre ellos. En conjunto, los resultados sugieren que la aplicación de humus de lombriz, al menos en las dosis evaluadas y en este periodo de tiempo, no afectó de manera significativa la altura de las plantas de Kale.

Cuadro 1. Análisis de varianza para altura de planta a los 20 días

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloque	32,35	2	16,17	2,36	0,2108
Humus	3,46	2	1,73	0,25	0,7886
Ea	27,46	4	6,86		
Variedad	F3,3	1	3,3	2,06	0,2013
Humus*variedad	4,13	2	2,06	1,29	0,3430
Error	9,63	6	1,6		
Total	80,32	17			

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

El coeficiente de variación para esta variable fue de 12,74%, lo que indica un rango aceptable de variabilidad en los datos, lo que sugiere que los resultados obtenidos son confiables y robustos para guiar futuras decisiones experimentales.

El análisis de los niveles de humus sobre la variable evaluada muestra una comparación entre tres niveles: 0 g (a1), 5 g/planta (a2) y 10 g/planta (a3). Las medias obtenidas para cada nivel de humus indican que a2 (5 g/planta) tuvo la mayor media con un valor de 10,37, seguido por a1 (0 g) con 9,79, y finalmente a3 (10 g/planta) con 9,44.

A los 20 días, los promedios de altura de planta como se observa en la figura 8 muestran una ligera variación entre los niveles de humus aplicados. El mayor crecimiento se observó con 5 g/planta (10.37 cm), seguido por 0 g/planta (9.79 cm), mientras que la menor altura se registró con 10 g/planta (9.44 cm). Aunque estas diferencias son visibles numéricamente, son pequeñas y no siguen un patrón claramente lineal (es decir, más humus no implicó mayor crecimiento). Esto sugiere que, en esta etapa temprana, el humus de lombriz no tuvo un efecto consistente o dosis-dependiente sobre la altura de las plantas de Kale. Esta interpretación concuerda con el análisis de varianza previo, que indicó que las diferencias no eran estadísticamente significativas.

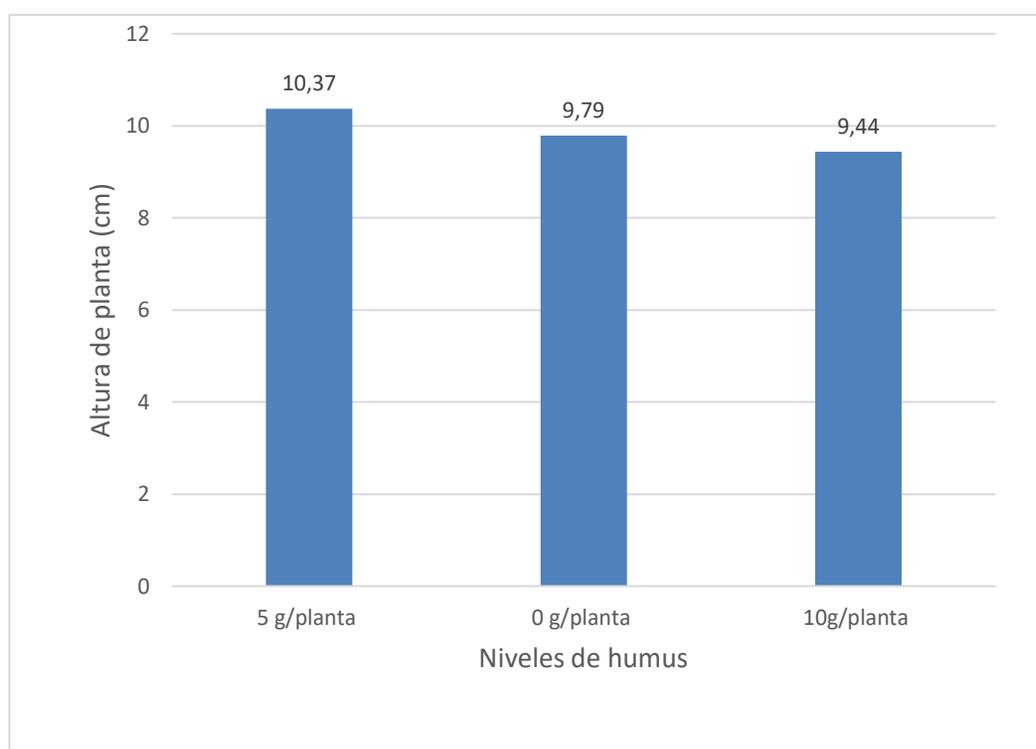


Figura 8. Promedio de la altura de planta a los 20 días con niveles de humus

A los 20 días como se puede observar en la figura 9, la Variedad Gruner Krauser (V1) presentó una mayor altura promedio de planta (10.31 cm) en comparación con la Variedad Berza (V2), que alcanzó 9.48 cm. Esta diferencia sugiere que, en las condiciones del experimento, la variedad Gruner Krauser mostró un mejor desarrollo inicial en términos de altura. Sin embargo, como el análisis de varianza indicó previamente que estas diferencias no fueron

estadísticamente significativas ($p = 0.2013$), no se puede concluir con certeza que una variedad sea superior a la otra en esta etapa temprana del cultivo.

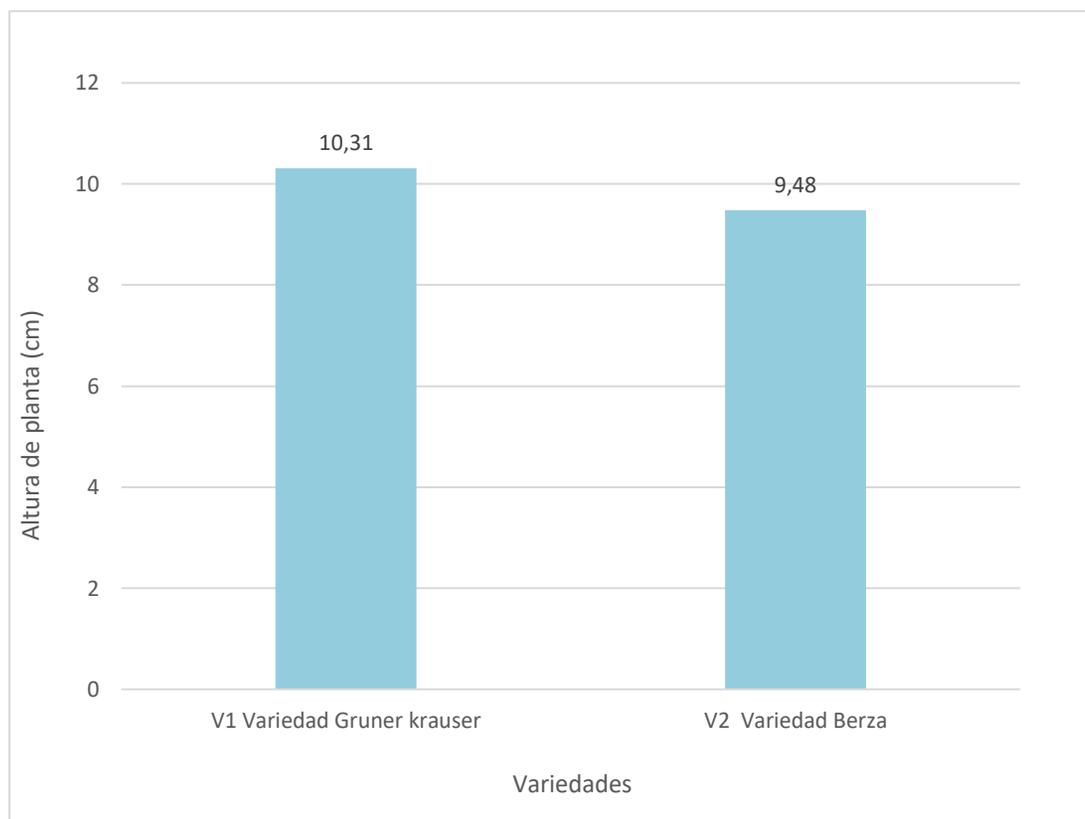


Figura 9. Promedio de la altura de planta a los 20 días de las variedades

Los resultados no significativos en la altura de la planta de kale a los 20 días se deben, principalmente, a que en esta etapa temprana del crecimiento las plantas aún no reflejan de manera clara los efectos del humus ni las diferencias genéticas entre variedades. Los valores de p elevados ($> 0,05$) indican que ni los niveles de humus, ni las variedades, ni su interacción tuvieron un efecto estadísticamente significativo, lo cual también puede atribuirse a que las diferencias entre medias fueron pequeñas (menos de 1 cm entre tratamientos) y posiblemente dentro del margen de variación natural. Además, el humus puede requerir más tiempo para liberar nutrientes y generar un impacto observable en el crecimiento o. Aunque el coeficiente de variación fue aceptable (12,74%), lo que respalda la confiabilidad de los datos, estos resultados sugieren que los tratamientos evaluados no tuvieron un efecto visible en la etapa inicial del desarrollo del kale bajo las condiciones del experimento.

4.2. Altura final de la planta (AP)

El análisis de varianza para la altura final de planta del cultivo de Kale como observamos en el cuadro 2 muestra que ninguno de los factores evaluados tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre la variable de interés. Los niveles de humus de lombriz ($p = 0,5413$), la variedad de Kale ($p = 0,3119$), y la interacción entre ambos ($p = 0,5709$) no mostraron diferencias significativas en la altura final de las plantas. Asimismo, los bloques tampoco influyeron significativamente ($p = 0,7752$). El coeficiente de variación para esta variable fué de 5,04%, lo que indica un rango de variabilidad aceptable en los datos.

Cuadro 2. Análisis de varianza para altura de planta final del cultivo de Kale

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	3,79	2	1,9	0,27	0,7752
Humus	10,03	2	5,02	0,72	0,5413
Ea	27,94	4	6,98		
Variedad	1,22	1	1,22	1,22	0,3119
Humus *variedad	1,23	2	0,62	0,62	0,5709
Error	6	6	1		
Total	50,22	17			

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Tal como se muestra en la figura 10, la Variedad Gruner Krauser alcanzó una mayor altura final promedio (20.06 cm) en comparación con la Variedad Berza, que registró 19.59 cm. Esta diferencia visual sugiere una tendencia a mejor desarrollo en la variedad Gruner Krauser. La gráfica ayuda a visualizar esta diferencia.

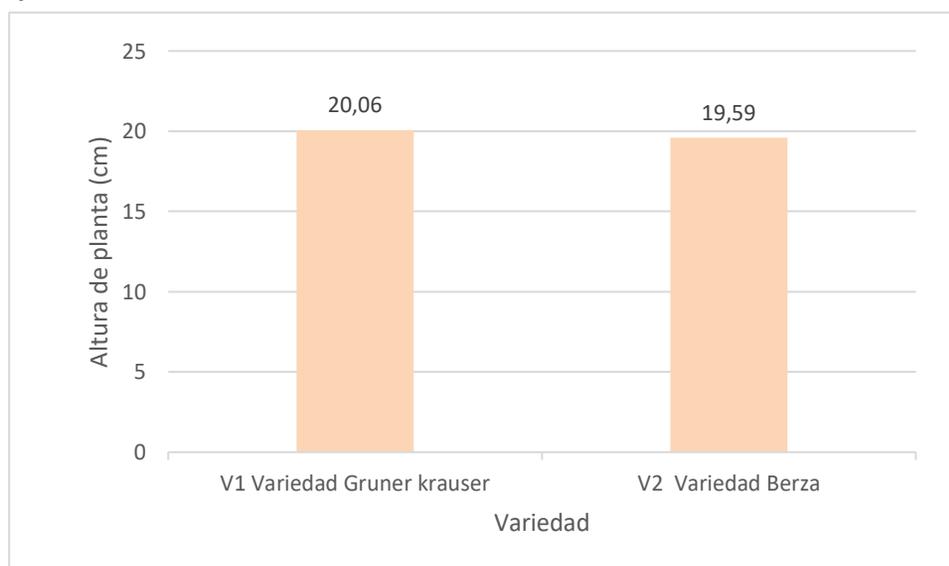


Figura 10. Promedio de la altura final de planta de las variedades

Los datos de la Figura 11, muestran que las plantas de Kale crecieron un poco más cuando se aplicaron 5 gramos de humus por planta (20.43 cm), seguidas de las que no recibieron humus (20.22 cm), y las que recibieron 10 gramos fueron las que menos crecieron (18.85 cm). Aunque parece que una dosis moderada de humus ayudó más que no usar o usar demasiado, estas diferencias son pequeñas.

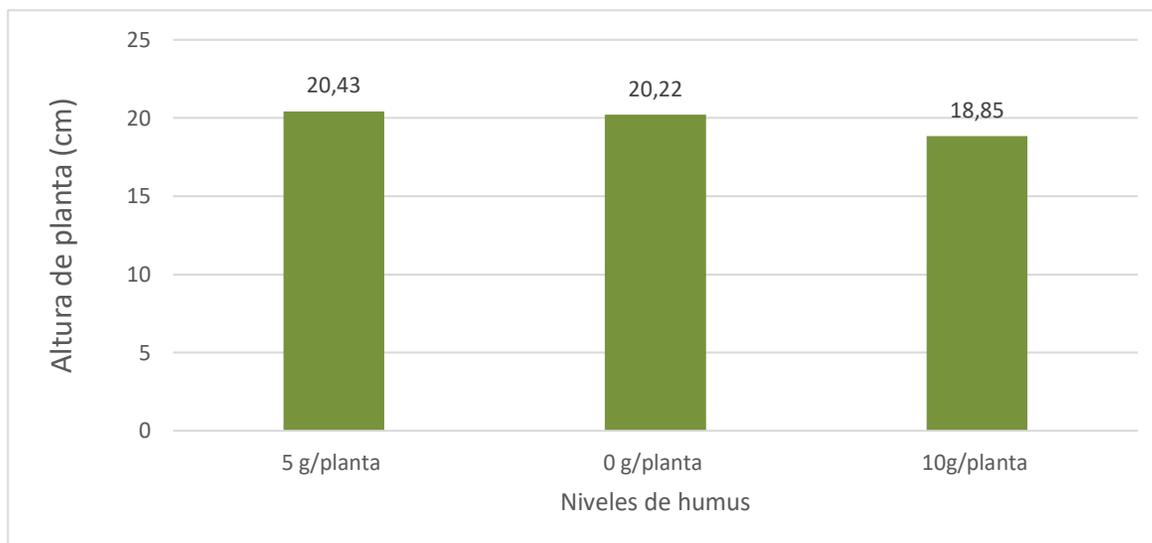


Figura 11. Promedio de la altura final de planta con niveles de humus

Según Mita (2016) en su investigación sobre el desarrollo en altura de planta con la aplicación de humus de Lombriz en el cultivo de Kale el tratamiento con dosis Al 30% de humus de lombriz supera en 53,5 cm de altura al tratamiento testigo, lo cual afirma que la aplicación de humus de lombriz beneficia al desarrollo en altura en el crecimiento de la planta. Entonces se puede llegar a decir que la dosis de humus de lombriz es proporcional al crecimiento en altura de la planta de col rizada.

Según Brooks (2004) menciona que el humus de lombriz es un fertilizante bio-orgánico producido por la lombriz de tierra, posee óptima actividad fitohormonal que en condiciones favorables coadyuva a obtener indicadores productivos elevados y eficientes. Su estructura granular, composición química y microbiológica, lo convierte en un fertilizante orgánico de alto poder nutritivo.

Según Aruquipa (2021b) el crecimiento del cultivo durante el ciclo productivo ambas variedades también estuvieron favorecidas por la cantidad de nitrógeno que presentó el análisis de laboratorio del suelo con un porcentaje total de nitrógeno de 0,88 %, el cual corresponde a una categoría alta. Cabe señalar que ambas variedades de col, tuvieron un pH adecuado para su crecimiento y desarrollo, es decir; el caldo de humus de lombriz con un pH (6,25) como el suelo

con pH (6.69), los cuales estuvieron entre los rangos recomendados para permitir la mayor disponibilidad de los nutrientes y de la actividad microbiana.

4.4. Longitud de hoja (LH)

Según lo presentado el Cuadro 3, el análisis de varianza para la longitud de hoja del kale mostró que el factor humus tuvo un efecto estadísticamente significativo ($p = 0,0435$), lo que indica que al menos una de las dosis aplicadas (0, 5 o 10 g/planta) generó una diferencia real en esta variable. Además, se observó una interacción significativa entre humus y variedad ($p = 0,0372$), lo que sugiere que la respuesta a las dosis de humus dependió de la variedad utilizada, es decir, que cada variedad reaccionó de manera distinta a los niveles de humus aplicados. Por otro lado, la variedad por sí sola no presentó diferencias significativas ($p = 0,3850$), lo que indica que, en promedio, ambas variedades tuvieron un comportamiento similar en cuanto a la longitud de hoja. Asimismo, los bloques no influyeron significativamente ($p = 0,5140$), lo cual respalda la homogeneidad del diseño experimental. En conjunto, estos resultados destacan la importancia de considerar la combinación entre dosis de humus y variedad para optimizar el desarrollo foliar del kale.

Cuadro 3. Análisis de varianza para longitud de hoja del cultivo de Kale

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	42,33	2	21,17	0,79	0,5140
Humus	17,80	2	8,90	0,33	0,0435*
Ea	107,22	4	26,81		
Variedad	4,52	1	4,52	0,88	0,3850
Humus*variedad	12,77	2	6,38	1,24	0,0372*
Error	30,88	6	5,15		
Total	215,52	17			

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

La figura 12 muestra que la mayor longitud promedio de hoja se obtuvo en las plantas sin aplicación de humus (0 g/planta), con 16.29 cm, seguida por el tratamiento con 5 g/planta (14.77 cm), y la menor longitud se observó con 10 g/planta (13.89 cm). Esta tendencia sugiere una respuesta inversa a la dosis de humus, donde el aumento en la cantidad aplicada no se tradujo en mayor crecimiento foliar.

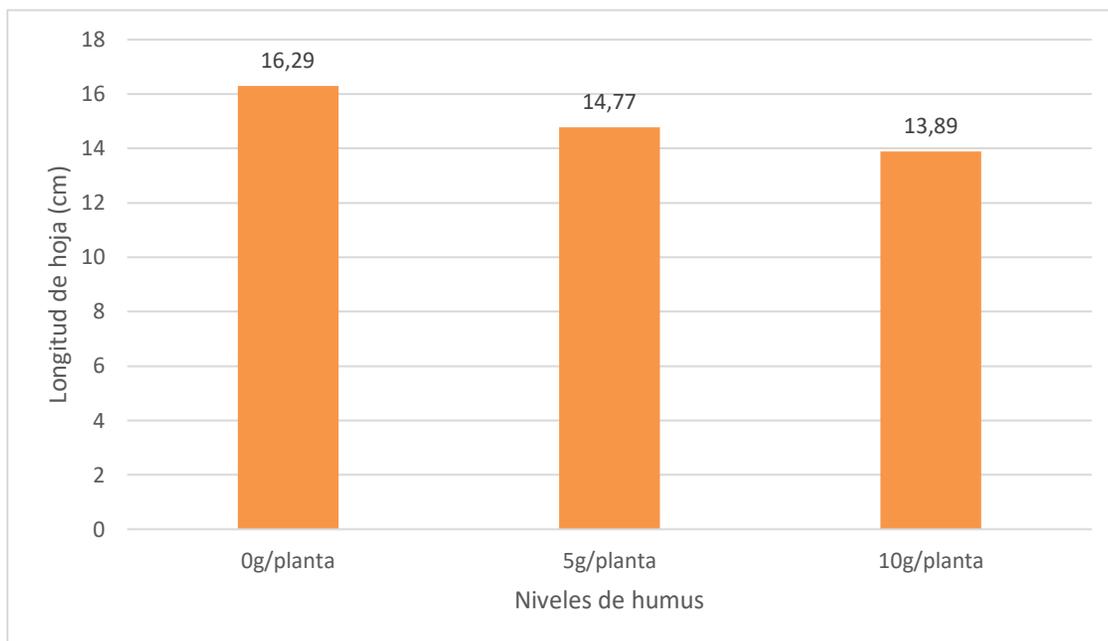


Figura 12. Promedios de la longitud de hoja con niveles de humus

Como manifiesta Arteaga (2007) Las variaciones de la longitud de la hoja de hoja, pueden ser atribuibles a la presencia de nutrientes concentrados en las frecuencias de aplicación de humus de lombriz interfiriendo posteriormente en la asimilación adecuada de la planta, razón por lo cual se registran mejores resultados de largo de hoja con la frecuencia de aplicación 5g/planta. Estos incrementos en la longitud de hoja por planta con la de aplicación de humus de lombriz se atribuyen a acciones bioestimuladoras de tipo fitohormonal, que provocan incrementos en este indicador de la planta.

Según Lira (1994) señala que parte de los efectos positivos notados en la biomasa aérea de las plantas que han sido con humus de lombriz puede deberse a la suplencia de macro y micronutrientes, como el potasio, hierro y cobre, los cuales contribuyen directamente en procesos del desarrollo del vegetal.

Centeno (2022), menciona que el tratamiento T6 presentó la mayor longitud de hoja (20.75 cm), indicando un desarrollo foliar superior y mayor capacidad fotosintética, lo que puede traducirse en mayor producción de biomasa. T1 y T2 mostraron resultados intermedios (14.17 y 14.33 cm), con efecto moderado en el crecimiento. En cambio, T3, T4 y T5 obtuvieron las menores longitudes (entre 8.33 y 11.75 cm), reflejando un crecimiento limitado, posiblemente por menor fertilización o baja disponibilidad de nutrientes.

4.5. Ancho de la hoja (AH)

El análisis de varianza para el ancho de hojas del kale mostró que la variedad fue el único factor que tuvo un efecto estadísticamente significativo ($p = 0,0423$), indicando que las dos variedades evaluadas difirieron en esta característica foliar. En cambio, los niveles de humus no mostraron un efecto significativo ($p = 0,5335$), ni tampoco la interacción entre humus y variedad ($p = 0,7167$), lo que sugiere que la respuesta al humus fue similar para ambas variedades y no influyó en el ancho de hoja. Además, los bloques no presentaron diferencias significativas ($p = 0,6491$), lo que indica una buena homogeneidad en el experimento. En resumen, el ancho de hoja depende principalmente de la variedad de kale, mientras que la aplicación de humus de lombriz, en las dosis evaluadas, no produjo cambios relevantes en esta variable; como se refleja en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis de varianza del ancho de hojas del Kale

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloque	9,76	2	4,88	0,48	0,6491
Humus	14,93	2	7,47	0,74	0,5335
Ea	40,46	4	10,11		
Variedad	3,61	1	3,61	1,78	0,0423*
Humus *Variedad	1,43	2	0,72	0,35	0,7167
Error	12,19	6	2,03		
Total	82,38	17			

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

La figura 13 revela que la variedad Gruner Krauser presenta un ancho promedio de 13,52 cm, mientras que la variedad Berza muestra un promedio de 12,90 cm. Estos resultados indican que la variedad Gruner Krauser tiene un desarrollo de hojas más amplio en comparación con la variedad Berza, lo que podría tener implicaciones significativas en su capacidad para realizar la fotosíntesis y, por ende, en su rendimiento general.

La diferencia observada en el ancho de hoja puede estar relacionada con características morfológicas inherentes a cada variedad, que afectan su adaptación a las condiciones de cultivo.

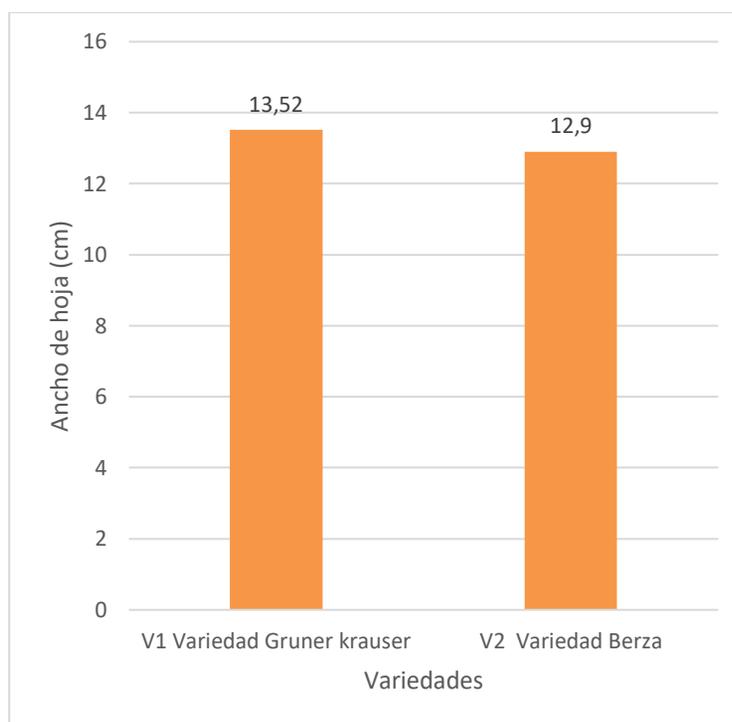


Figura 13. Promedio del ancho de hojas de las variedades

Según Escorcía (1997) las coles son grandes consumidoras de nitrógeno, y por ello deberíamos abonar bien la tierra antes de trasplantarlas, Cabe recalcar que al ser la col rizada una hortaliza de hoja, para su desarrollo requiere de altos niveles de nitrógeno, 76 por lo cual al aplicar humus de lombriz satisfacemos ese requerimiento, aumentando en alguna proporción sus características de desarrollo como el ancho de la hoja.

Según Hilaquita (2017) el análisis comparativo del ancho de hoja promedio mostró una clara respuesta positiva a la aplicación de humus de lombriz siendo la dosis del 20% la que generó los mejores resultados en ambas variedades evaluadas.

En la variedad *Dwarf Siberian*, se obtuvo un promedio de 13,7 cm, mientras que en *Red Russian* se alcanzó un promedio de 12,3 cm. Estas cifras superaron significativamente a las alcanzadas por el tratamiento testigo (9,2 cm y 6,8 cm respectivamente), así como por la dosis del 10% (8,6 cm y 8,9 cm) en respuesta puede atribuirse al efecto bioestimulante de los compuestos presentes en el abono de humus de lombriz los cuales podrían estar promoviendo la expansión celular, mejora en la absorción de nutrientes y un incremento en la eficiencia fotosintética. Dichos procesos fisiológicos favorecen el desarrollo foliar, que a su vez es un indicador importante del vigor y potencial productivo del cultivo.

4.6. Número de hojas (NH)

El análisis de varianza Cuadro 5, mostró que ninguno de los factores evaluados tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre el número de hojas de las plantas de Kale. El factor niveles de humus presentó un valor de $p = 0.9153$, indicando que las distintas dosis aplicadas no influyeron significativamente en esta variable. De igual manera, la variedad ($p = 0.573$) y la interacción niveles \times variedad ($p = 0.9323$) tampoco mostraron efectos significativos, lo que sugiere que ambas variedades respondieron de forma similar ante las diferentes dosis de humus en cuanto al número de hojas. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas entre bloques ($p = 0.6592$), lo que indica uniformidad en las condiciones experimentales. En resumen, el número de hojas se mantuvo estable independientemente de la variedad o la dosis de humus aplicada, lo que sugiere que esta variable no se ve afectada por los factores evaluados en este experimento.

Cuadro 5. Análisis de la varianza del número de hojas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	0,09	2	0,04	0,46	0,6592
Humus	0,02	2	0,01	0,09	0,9153
Ea	0,37	4	0,09		
Variedad	0,09	1	0,09	0,36	0,573
Humus *Variedad	0,04	2	0,02	0,07	0,9323
Error	1,55	6	0,26		
Total	2,16	17			

No se observaron diferencias significativas en el número de hojas debido a varios factores relacionados con la fisiología de la planta, las condiciones del experimento y las características del tratamiento aplicado. Primero, el desarrollo del número de hojas en el kale puede estar mayormente determinado por su genética y su patrón natural de crecimiento, que tiende a ser estable dentro de ciertas condiciones ambientales. En este caso, las dos variedades evaluadas probablemente tienen un comportamiento foliar similar, lo que limita la variabilidad genética en esta característica específica y reduce la probabilidad de diferencias significativas entre ellas.

En segundo lugar, las dosis de humus de lombriz aplicadas (0, 5 y 10 g/planta) pueden no haber sido lo suficientemente altas o diferentes entre sí para provocar un cambio marcado en la disponibilidad de nutrientes durante el período crítico de formación de hojas. Aunque el humus es una fuente de nutrientes orgánicos, su efecto suele ser gradual y depende también de las condiciones del suelo y la capacidad de mineralización. Si el suelo base ya contaba con un nivel

adecuado de nutrientes, la adición de estas cantidades de humus pudo no representar un estímulo adicional lo suficientemente fuerte para afectar el número de hojas producidas.

Además, el número de hojas puede ser una variable menos sensible a cambios nutricionales o ambientales en comparación con otras variables de crecimiento, como la altura o el tamaño de las hojas. El kale puede priorizar el mantenimiento de su patrón foliar básico para asegurar su desarrollo funcional, mientras que otras características pueden ser más flexibles y responder más rápidamente a las variaciones en el manejo o ambiente.

Por último, la homogeneidad en las condiciones experimentales, reflejada en la falta de diferencias significativas entre bloques, también contribuye a que la variabilidad dentro de los tratamientos sea baja. Esto implica que factores externos como la luz, temperatura o humedad fueron uniformes, lo que reduce el ruido experimental y limita las diferencias entre tratamientos. En conjunto, estos factores explican por qué el número de hojas se mantuvo estable y no presentó variaciones significativas entre las diferentes dosis de humus ni entre las variedades de kale estudiadas.

De acuerdo con Hilaquita (2017), el número promedio de hojas que obtuvo evidenció que el microclima generado dentro de la carpa solar (ambiente atemperado) aceleró el desarrollo del cultivo de col rizada. Sin embargo, el tratamiento que aplicó humus de lombriz al 20% demostró una ventaja significativa en términos del número de hojas por planta (10 hojas), superando ampliamente al testigo (7 a 8 hojas). Esto sugiere que el bioestimulante abono orgánico de lombriz en concentraciones adecuadas puede potenciar el desarrollo foliar del cultivo, posiblemente debido a su aporte de fitohormonas, nutrientes disponibles y compuestos bioactivos.

Trinidad (2007), indica que el uso de abonos y fertilizantes foliares en cantidades adecuadas provee a las plantas los nutrientes que requieren como suplemento a la fertilización del suelo, favoreciendo así la productividad del cultivo e incrementando el desarrollo foliar.

Según Huallpa (2010) las diferencias de número de hojas se dan por factores genéticos que presenta cada una de las variedades, estas características las mismas puede deberse a que la planta asimile más los nutrientes para su desarrollo, el nitrógeno, más que cualquier otro elemento facilita el crecimiento de las hojas, mientras los abonos orgánicos tengan mayor cantidad de nitrógeno tendrán una buena cantidad y calidad de hojas.

4.7. Diámetro del tallo (DT)

El análisis de varianza para el diámetro del tallo del Kale mostró que ni los niveles de humus ($p = 0.6053$), ni la variedad ($p = 0.5834$), ni la interacción entre ambos factores ($p = 0.1576$) tuvieron un efecto significativo sobre esta variable. Además, el bloque experimental tampoco presentó diferencias significativas ($p = 0.732$), indicando uniformidad en las condiciones de prueba. En consecuencia, se concluye que el diámetro del tallo se mantuvo constante independientemente de la variedad y la dosis de humus aplicada, sugiriendo que estos factores no influyen en el grosor del tallo bajo las condiciones evaluadas lo podemos observar en el cuadro 6. El coeficiente de variación para esta variable es de 4,89%, lo que indica un nivel de variabilidad bajo y sugiere que los datos son confiables.

Cuadro 6. Análisis de varianza del diámetro del tallo del Kale

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	0,06	2	0,03	0,34	0,7320
Humus	0,09	2	0,05	0,57	0,6053
Ea	0,33	4	0,08		
Variedad	1,10	1	1,10	0,34	0,5834
Humus *variedad	0,02	2	0,01	2,55	0,1576
Error	0,02	6	3,20E-03		
Total			0,52	17	

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Marin (2007), menciona que el diámetro del tallo muestra el grado de desarrollo y nutrición que la planta puede tener, es de gran ventaja cuando las plantas presentan un buen grosor, porque las plantas pueden tener una mejor adaptabilidad después del trasplante y un mayor soporte del área foliar y por ende se garantiza una mayor capacidad productiva.

Según Martínez (2016), el tratamiento 3 (30 g/p de humus de lombriz) presentó el mayor diámetro de tallo (1,41 cm), superando a los demás tratamientos. Este resultado indica que una mayor concentración de humus líquido promueve un mejor desarrollo estructural del tallo, probablemente debido al aporte de nutrientes fácilmente disponibles y compuestos bioactivos como fitohormonas, que estimulan el crecimiento vegetal.

4.8. Rendimiento (RT) 1

Dado que se obtuvieron rendimientos distintos en las tres cosechas realizadas, y conforme a la metodología establecida, se presentará tres análisis; uno para cada cosecha.

En la Cosecha 1, el análisis de varianza cuadro 7, indica que al menos uno de los factores evaluados influyó sobre la variable rendimiento 1. El factor bloques presentó un efecto altamente significativo ($p = 0.0048$), lo que sugiere que existió una variabilidad importante entre las unidades experimentales, posiblemente asociada a diferencias en el entorno o condiciones específicas del diseño. Por el contrario, los niveles de tratamiento no mostraron un efecto significativo ($p = 0.2044$), lo que implica que las diferentes dosis aplicadas no generaron diferencias consistentes en el rendimiento. Asimismo, la variedad ($p = 0.753$) y la interacción niveles x variedad ($p = 0.0802$) no fueron estadísticamente significativas. El coeficiente de variación para esta variable es de 8,9%, lo que indica un nivel de variabilidad moderado y sugiere que los datos son relativamente confiables.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el rendimiento de la primera cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	3632,72	2	1816,36	26,77	0,0048**
Humus	328,98	2	164,49	2,42	0,2044
Ea	271,43	4	67,86		
Variedad	4,85	1	4,85	0,11	0,753
Humus *variedad	353,09	2	176,55	3,96	0,0802
Error	267,73	6	44,62		
Total	4858,8	17			

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

En la segunda cosecha como se puede observar en el cuadro 8, el análisis de varianza evidenció que el modelo general fue significativo, lo que indica la existencia de diferencias entre los tratamientos. El factor bloques mostró un efecto estadísticamente significativo ($p = 0.0163$) lo que sugiere que las condiciones del entorno experimental influyeron en el rendimiento. De manera destacada, el factor niveles de tratamiento fue altamente significativo ($p = 0.0094$), lo que indica que las distintas dosis aplicadas tuvieron un impacto claro sobre el rendimiento de la cosecha. En contraste, la variedad ($p = 0.744$) y la interacción niveles x variedad ($p = 0.9807$) no mostraron efectos significativos, lo que sugiere que ambas variedades respondieron de forma similar a los tratamientos, sin diferencias en su comportamiento productivo bajo las condiciones evaluadas. El coeficiente de variación para rendimiento 2 fué de 13,27%, lo que indica un nivel de variabilidad relativamente alto en comparación con el rango aceptable,

Cuadro 8. Análisis de varianza para el rendimiento de la segunda cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	836,49	2	418,24	13,64	0,0163*
Humus	1142,47	2	571,24	18,63	0,0094**
Ea	122,63	4	30,66		
Variedad	57,2	1	57,2	0,12	0,744
Humus *Variedad	19,11	2	9,55	0,02	0,9807
Error	2935,16	6	489,19		
Total	5113,06	17			

*p < 0.05; ** p < 0.01

De acuerdo con el cuadro 9, la tercera cosecha mostró que ninguno de los factores evaluados tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento. El factor bloques ($p = 0.2619$) no presentó diferencias relevantes, lo que indica uniformidad en las condiciones experimentales. Aunque el factor niveles de tratamiento mostró una tendencia ($p = 0.1374$), no alcanzó el umbral de significancia, por lo que no se puede afirmar que las dosis aplicadas influyeran significativamente en el rendimiento. De igual forma, la variedad ($p = 0.2008$) y la interacción niveles \times variedad ($p = 0.3219$) no fueron significativas, lo que sugiere que las variedades evaluadas respondieron de forma similar a los tratamientos en esta cosecha.

Cuadro 9. Análisis de varianza para el rendimiento de la tercera cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	1071,69	2	535,84	1,91	0,2619
Humus	1906,88	2	953,44	3,39	0,1374
Ea	1123,48	4	280,87		
Variedad	1119,85	1	1119,85	2,06	0,2008
Humus *Variedad	1494,25	2	747,12	1,38	0,3219
Error	3254,28	6	542,38		

*p < 0.05; ** p < 0.01

Como se aprecia en la figura 14, ambas variedades mostraron un incremento progresivo en el rendimiento a lo largo de las tres cosechas. En la primera cosecha, los valores fueron similares entre Gruner Krauser (75.09 g/m^2) y Berza (74.37 g/m^2). En la segunda cosecha, la variedad Berza superó ligeramente a Gruner Krauser (168.78 g/m^2 frente a 164.68 g/m^2), y esta diferencia se amplió en la tercera cosecha, donde Berza alcanzó 233.37 g , mientras que Gruner Krauser registró 218.5 g/m^2 .

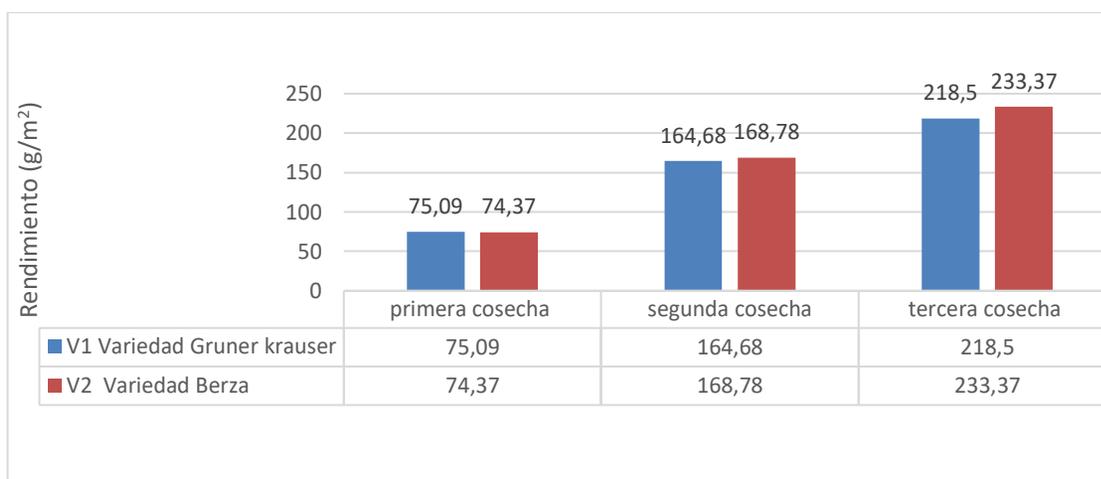


Figura 14. Rendimiento de las 3 cosechas de las variedades

La figura 15 muestra que el rendimiento varió según los niveles de humus aplicados y las cosechas. En la primera cosecha, la dosis de 5 g/planta obtuvo el mayor rendimiento (81.22 g/m²), seguida por 10 g/planta (73.39 g/m²) y 0 g/planta (68.49 g/m²). Para la segunda cosecha, nuevamente el nivel de 5 g/planta superó ligeramente a los demás con 177.84 g/m², mientras que 10 g/planta y 0 g/planta registraron valores similares (161.89 y 159.62 g/m², respectivamente). En la tercera cosecha, el rendimiento más alto correspondió a 10 g/planta con 277.11 g/m², seguido de 5 g/planta (236.2 g/m²) y 0 g/planta (213.7 g/m²). Estos resultados sugieren que la aplicación de humus tiene un efecto variable sobre el rendimiento según la cosecha, con un mejor desempeño general en las dosis de 5 y 10 g/planta en comparación con el testigo sin humus.

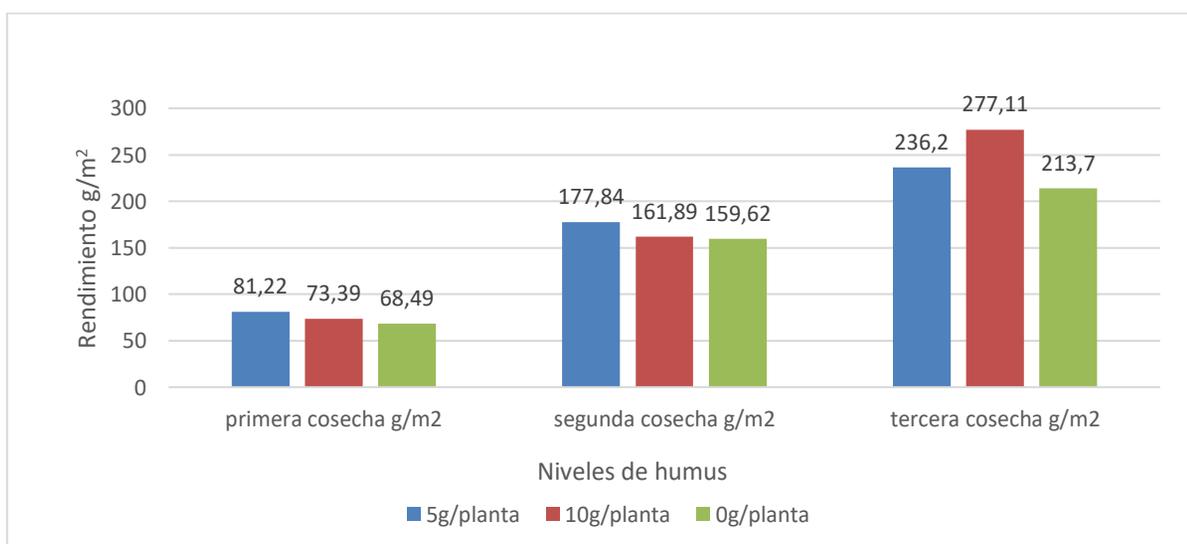


Figura 15. Rendimiento de las 3 cosechas de los niveles de humus

Menciona Romero (2019) la variedad berza mostro superioridad en peso con rendimiento demostrando ser significativamente el mejor en rendimiento en materia verde con 312 g/m² comparación de la variedad kruner con un rendimiento de 275,3 g/m². En términos de variable rendimiento; Berza tuvo un buen rendimiento, respecto a la variedad kruner. Probablemente, la característica genética de la variedad Berza en el peso fresco de las hojas sea el factor que determina el rendimiento mayor, porque las hojas comerciales de la variedad Berza son mucho más larga y ancha con respecto a la variedad kruner.

Según Krarup (2008), menciona que los nutrientes tienen una acción directa sobre el crecimiento de las plantas, número de hojas, tamaño de fruto y número de flores. En los procesos químicos – fisiológicos, junto al nitrógeno, potasio y fósforo intervienen en el mayor rendimiento de la planta de Kale.

Menciona Sandoval (2022) que han planteado que para lograr un buen efecto sobre los diferentes órganos de las plantas es necesario que transcurra un período de tiempo, efecto que se logró en este experimento, ya que con la aplicación del humus de lombriz hubo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados que el uso de productos biológicos, como es el caso de humus de lombriz, aumenta el peso de diferentes componentes del rendimiento de las plantas, pues se incrementa la producción de fotosintatos.

4.9. Peso por planta (PP)

Dado que se obtuvieron diferencias en el peso por planta a lo largo de las tres cosechas realizadas, y siguiendo la metodología establecida, el análisis se realizará en tres partes para evaluar de manera detallada el comportamiento de esta variable en función de los factores estudiados.

En la primera cosecha; cuadro 10, el análisis de varianza para el peso por planta mostró que hubo diferencias importantes entre los bloques experimentales ($p = 0.0048$), lo que indica que las condiciones dentro de cada bloque afectaron los resultados. Sin embargo, los diferentes niveles de humus aplicados no generaron diferencias significativas en el peso por planta ($p = 0.2044$). Tampoco se encontró un efecto relevante entre las variedades evaluadas ($p = 0.7526$).

Cuadro 10. Análisis de varianza para el peso por planta a la primera cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	32693,55	2	16346,78	26,77	0,0048**
Humus	2960,59	2	1480,3	2,42	0,2044
Ea	2442,47	4	610,62		
Variedad	43,74	1	43,74	0,11	0,7526
Humus*Variedad	3179,28	2	1589,64	3,96	0,0801
Error	2409,48	6	401,58		
Total	43729,11	17			

*p < 0.05; ** p < 0.01

El cuadro 11, presenta el análisis de varianza para el peso por planta en la segunda cosecha. En este análisis, se observa que los bloques tuvieron un efecto significativo ($p = 0.0164$), lo que indica que las condiciones dentro de cada bloque influenciaron el peso por planta. Asimismo, los niveles de humus mostraron un efecto estadísticamente significativo ($p = 0.0094$), sugiriendo que las diferentes dosis aplicadas impactaron de manera relevante el peso por planta en esta cosecha. En contraste, la variedad no presentó un efecto significativo ($p = 0.7439$), ni tampoco la interacción entre niveles y variedad fue significativa ($p = 0.9808$), lo que implica que las variedades respondieron de forma similar a los tratamientos de humus en cuanto al peso por planta. Estos resultados evidencian que la dosis de humus aplicada es un factor determinante en el peso por planta durante la segunda cosecha.

Cuadro 11. Análisis de varianza para el peso por planta a la segunda cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	7529,55	2	3764,77	13,63	0,0164*
Humus	10280,81	2	5140,4	18,61	0,0094**
Ea	1104,75	4	276,19		
Variedad	515,23	1	515,23	0,12	0,7439
Humus *Variedad	171,63	2	85,82	0,02	0,9808
Error	26415,81	6	4402,63		
Total	46017,78	17			

*p < 0.05; ** p < 0.01

El cuadro 12 del análisis de varianza para el peso por planta en la tercera cosecha indica que ninguno de los factores evaluados mostró un efecto estadísticamente significativo sobre esta variable. El factor bloques ($p = 0.2618$) no evidenció diferencias relevantes, lo que sugiere que las condiciones experimentales fueron homogéneas entre bloques. De igual forma, los niveles de humus ($p = 0.1374$) no presentaron un impacto significativo en el peso por planta, aunque

mostraron una ligera tendencia a influir. La variedad ($p = 0.2008$) y la interacción entre niveles y variedad ($p = 0.322$) tampoco fueron significativas, indicando respuestas similares entre las variedades frente a los tratamientos de humus.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el peso por planta a la tercera cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	9646,31	2	4823,15	1,91	0,2618
Humus	17159,4	2	8579,7	3,4	0,1374
Ea	10108,07	4	2527,02		
Variedad	10077,8	1	10077,8	2,06	0,2008
Humus *Variedad	13446	2	6723	1,38	0,322
Error	29290,99	6	4881,83		
Total	89728,57	17			

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Los valores promedio de peso por planta para las variedades Gruner Krauser (V1) y Berza (V2) muestran un incremento progresivo a través de las tres cosechas. En la primera cosecha, ambas variedades presentan pesos similares, con 225.29 g para V1 y 223.11 g para V2. En la segunda cosecha, el peso por planta aumenta considerablemente, alcanzando 494.04 g en V1 y 506.33 g en V2. Finalmente, en la tercera cosecha, se observa el mayor peso por planta, con 655.51 g para V1 y 700.11 g para V2. Aunque la variedad Berza muestra un peso ligeramente mayor en las dos últimas cosechas, las diferencias no fueron estadísticamente significativas según los análisis previos, como podemos observar en la Figura 16.

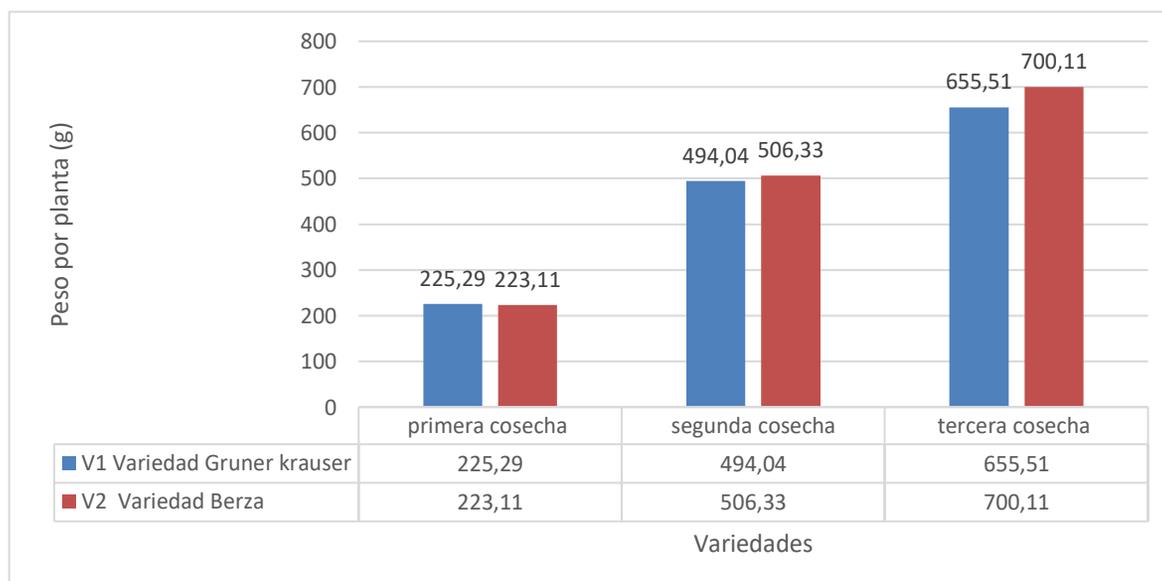


Figura 16. Peso planta de las variedades

Los promedios de peso por planta para los diferentes niveles de humus aplicados se muestran en la Figura Y. En la primera cosecha, la mayor cantidad de humus aplicada (5 g/planta) produjo el mayor peso promedio (243.67 g), seguido por 10 g/planta (220.17 g) y sin aplicación de humus (205.46 g). En la segunda cosecha, se observa un aumento general en el peso, con 5 g/planta alcanzando 533.5 g, 10 g/planta con 485.67 g y 0 g/planta con 478.86 g. Para la tercera cosecha, el peso por planta fue también mayor con 5 g/planta (708.58 g), seguido por 10 g/planta (681.33 g) y 0 g/planta (641.11 g), tal como se revela en la figura 17.

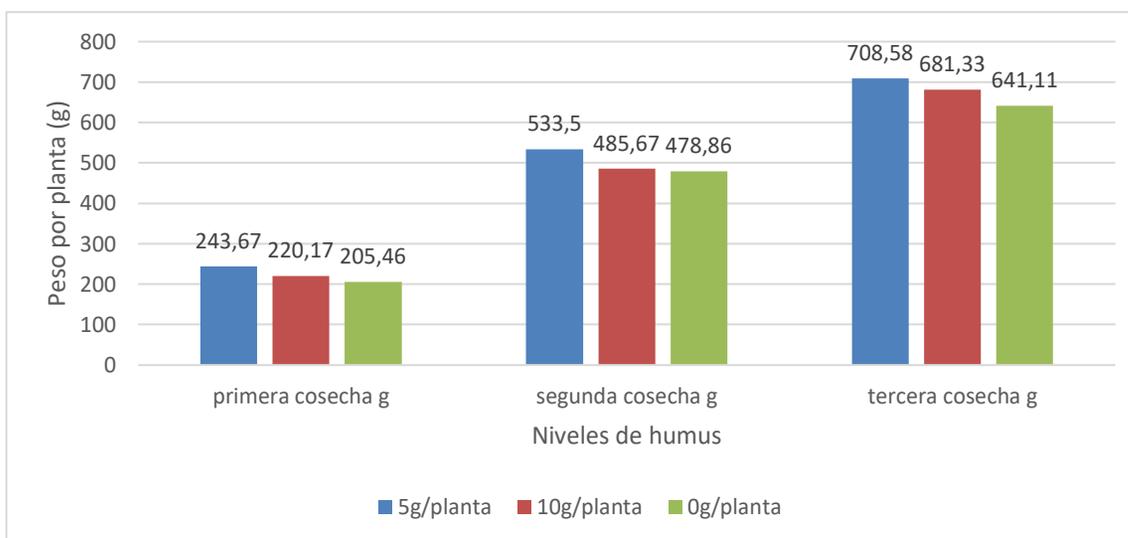


Figura 17. Peso por planta de los niveles de humus

Menciona Hilaquita (2017) el tratamiento de la primera cosecha con 20% que generó el mayor rendimiento (308,33 g/planta), evidenciando una óptima absorción de nutrientes y estimulación del crecimiento vegetal, atribuida a los ácidos húmicos, fúlvicos y fitohormonas presentes en el abono. Dosis superiores (30%) 271.67 g/planta no mejoraron el rendimiento, posiblemente por estrés osmótico, mientras que dosis menores (10%) 237.5 g/planta que fueron insuficientes. Y el rendimiento en la segunda cosecha tuvo un comportamiento similar a la primera cosecha donde el tratamiento al cual se aplicó 20% de humus de lombriz ganó mejor peso de las hojas donde obtuvieron un peso de 243.83 g/Planta, seguidamente se tiene a los tratamientos a los que se aplicó 30% de humus de lombriz los cuales tuvieron una ganancia de peso de 230.5 g/planta; los tratamientos con la dosis del 10% con 195.83 g/planta. En la tercera cosecha la mejor ganancia de peso fue el tratamiento al cual se aplicó 20% de humus de lombriz ganó mejor peso de las hojas donde obtuvieron un peso de hojas de 168.45 g/Planta, seguidamente se tiene a los tratamientos a los que se aplicó 30% de humus de lombriz los cuales tuvieron una ganancia de peso de 145.4 g/planta; los tratamientos con la dosis del 10% con 118.67 g/planta.

Indica que la planta de Kale absorbe nitrógeno hasta el final de la vegetación, toda necesidad de nitrógeno que no sea satisfecha se traducirá en la disminución del rendimiento, por lo cual al adicionar humus de lombriz cumple de alguna manera con el requerimiento nutricional a las plantas de col rizada.

Según Mora (2021) en el promedio de las tres cosechas que tuvo; presentan un peso promedio de hojas de 247.3 gramos en la variedad Bersa (V2) y de 233.1 g. en la Grause (V1), obtuvo una ganancia en pesos promedio de las hojas a la cosecha de 222.7 g.

4.10. Análisis económico

Según Centeno (2022), para el análisis económico se procederá a calcular la relación B/C para cada uno de los tratamientos en estudio, mediante las siguientes relaciones:

Cuadro 13. Análisis económico

Tratamiento	Rendimiento Medio (g)	Producción Total (bolsas de 195g)	Beneficio Bruto (Bs)	Beneficio Neto (Bs)	B/C
T1= (a2, b1) 5 g de humus de lombriz /planta + Gruner krauser	480.67	2.403,35	7.210,05	4.525,05	1,68
T2= (a2, b2) 5 g de humus de lombriz / planta +Berza	488	2.440,00	7.320,00	4.635,00	1,73
T3=(a1, b1) sin aplicación de humus de lombriz + Gruner krauser	395.67	1.978,35	5.935,05	3.250,05	1,21
T4=(a1, b2) sin aplicación de humus de lombriz + Berza	421.33	2.106,65	6.319,95	3.634,95	1,35
T5=(a3, b1) 10 g de humus de lombriz / planta + Gruner krauser	408.33	2.041,65	6.124,95	3.439,95	1,28
T6=(a3, b2) 10 g de humus de lombriz / planta + Berza	465.33	2.326,65	6.979,95	4.294,95	1,60

El análisis de beneficio-costos (Cuadro 13), muestra que la combinación de 5 g de humus de lombriz por planta con la variedad Berza (T2) presenta el mayor rendimiento medio (488 g), la producción total más alta (2,440 bolsas) y el beneficio neto más elevado (4,635 Bs), reflejando un índice B/C de 1.73, el valor más favorable entre los tratamientos. Esto indica que por cada boliviano invertido se recuperan 0.73 Bs, lo que representa una buena rentabilidad. De manera similar, el tratamiento T1 (5 g de humus + Gruner krauser) también muestra un desempeño económico positivo con un B/C de 1.68. En contraste, los tratamientos sin aplicación de humus

(T3 y T4) presentan menores rendimientos y beneficios netos, con índices B/C de 1.21 y 1.35, indicando una menor rentabilidad. Por último, el tratamiento con 10 g de humus (T5 y T6) genera resultados intermedios, con rendimientos y beneficios superiores a los sin humus, pero menores que los con 5 g de humus, reflejados en índices B/C de 1.28 y 1.60. En resumen, la aplicación de 5 g de humus por planta favorece tanto el rendimiento como la rentabilidad económica, siendo especialmente eficiente cuando se combina con la variedad Berza.

5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, se sustentan las siguientes conclusiones:

- Los rendimientos promedio se ubicaron en 218.5 g para 'Variedad Gruner Krauser ' y 233.37 g para 'Variedad Berza', lo que sugiere que el humus de lombriz no solo incrementa la producción, sino que también representa una opción más sostenible y económica en comparación con fertilizantes químicos. Se encontró que la aplicación de humus de lombriz influye significativamente en el rendimiento de las dos variedades de col rizada evaluadas, destacando que el nivel de 5 g/planta fue el más efectivo para aumentar la producción total.
- Al analizar las características agronómicas de las dos variedades, se evidenció que la 'Variedad Berza' supera a la 'Variedad Gruner Krauser' en rendimiento en todos los tratamientos evaluados. Este resultado sugiere que 'Variedad Berza' se adapta mejor a las condiciones de cultivo estudiadas, mostrando ventajas en crecimiento y producción.
- Los datos obtenidos sobre el efecto del humus de lombriz revelan un incremento significativo en el rendimiento destacando la aplicación de 5 g/planta que alcanzó un peso por planta de 708.58 g, seguido de la aplicación de 10 g/planta con 681.33 g y finalmente con 641.11 g/planta sin la aplicación de humus. Este resultado enfatiza la efectividad del humus de lombriz como fertilizante orgánico que mejora el rendimiento del cultivo.
- Finalmente, la evaluación económica reveló que la relación beneficio-costos (B/C) fue mayor para la dosis de 5 g/planta en ambas variedades, confirmando que esta dosis es la más rentable para la producción de col rizada bajo las condiciones de estudio.

6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda el uso de humus de lombriz de 5 g/planta para optimizar el rendimiento de Kale, este nivel de humus ha demostrado resultados favorables en términos de rendimiento. La aplicación de una cantidad adecuada de humus en el suelo proporciona los nutrientes necesarios, lo que contribuye al desarrollo y rendimiento del Kale.
- Se recomienda utilizar la variedad 'Berza' para el cultivo de Kale; esta variedad mostró un mejor desempeño en términos de rendimiento en comparación con la variedad 'Gruner Krauser'. La variedad 'Berza' demostró mayor adaptabilidad y una mayor capacidad de respuesta a las condiciones de cultivo, lo cual se tradujo en mayor rendimiento. Por lo tanto, se sugiere seleccionar la variedad 'Berza' para maximizar la producción y obtener resultados óptimos en el cultivo de Kale.
- Fomentar el uso de humus en la producción de Kale, los resultados de esta investigación han demostrado beneficios del uso del mismo en el rendimiento de Kale.
- Se recomienda aplicar 5 g de humus de lombriz por planta a la variedad Berza, ya que produjo un rendimiento de 488 g/planta, generó un ingreso bruto de 7.320, resultando en una excelente relación beneficio/costo (B/C = 1,73). Además, el humus de lombriz es un fertilizante orgánico accesible, con mínima dependencia de insumos externos, que contribuye a la mejora de la estructura y fertilidad del suelo, favorece la actividad microbiana y reduce el impacto ambiental frente a fertilizantes sintéticos
- Se recomienda fomentar investigaciones adicionales sobre otros tipos de fertilizantes orgánicos que puedan complementar o mejorar los efectos del humus de lombriz, ampliando las alternativas disponibles para los agricultores.
- Finalmente, es importante continuar con estudios que evalúen la relación beneficio-costo y el impacto a largo plazo de estas prácticas, para asegurar la sostenibilidad económica y ambiental del cultivo de col rizada.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Antunez, M. 2021. Análisis de los Polifenoles presentes en el Vegetal Crucífero de (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) y su Predicción de Actividad Biológica. Tesis Ing. Agr. Mexico. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 93 p. Disponible en <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3178/EIGCRR04.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aruquipa (2021a) Aguilar, G. 2021. Evaluación de seis variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum*) en cultivo hidropónico con sustrato sólido en el municipio de El Alto. Tesis Ing. Agr. Lapaz, Bolivia. Universidad mayor de san andrés. 141 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/26642/T-%202926.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Albornoz, K. 2014. Caracterización poscosecha de col rizada (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). Obtenido de: Un estudio sobre el impacto de la madurez de la hoja la preparación de la col rizada fresca y el almacenamiento. Estados Unidos. University of California. 120 p. Disponible en <https://postharvest.ucdavis.edu/publication/fresh-cut-kale-quality-and-shelf-life-relation-leaf-maturity-and-storage-temperature>
- Almaguer, J. 2012. Evaluación del efecto del humus líquido obtenido por tres métodos, en condiciones de maceta y de campo, utilizando maíz (*Zea mays* L.) y remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.). España. 10 p. Disponible en <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/163>
- Arteaga, M. 2007. Influencia de la aplicación foliar del bioestimulante liplant sobre algunos indicadores biológicos del suelo. 22 p. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522007000200007
- Aruquipa, A. 2021a. Comportamiento agronómico de dos variedades de col rizada (*Brassica oleracea*) bajo dos frecuencias de aplicación de caldo de humus de lombriz en el Municipio de El Alto. . Tesis Ing. Agr. El Alto, Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 140 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25865/T>
- Aruquipa, O. 2021b. Comportamiento agronómico de dos variedades de col rizada (*brassica oleracea* var. *Sabellica*) bajo dos frecuencias de aplicación de caldo de humus de lombriz en el Municipio de el Alto. Tesis Ing. Agr. La paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 121 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25865/T-2874.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Avila, A. 2013. *Brevicoryne brassicae*. Argentina. 73 p. Disponible en <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/brevicoryne-brassicae>
- Becerra, A. 2014. La Col Rizada es una excelente fuente de vitamina C provitamina A y compuestos fenólicos Propiedades Nutraceuticas y Funcionales. Emiratos Arabes Unidos. 47 p. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/260160274_Kale_an_Excellent_source

- Blanco, R. 2015. Propiedades del humus de lombriz y su impacto en la fertilidad del suelo. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 78 p. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/suelos/propiedades-y-su-impacto-en-la-fertilidad-de-los-suelos>
- Brooks, L. 2004. Proyecto lechero Jaibo Obtenido de Desechos sólidos orgánicos se aprovechan en la tecnología de la lombricultura. Disponible en <https://cuba-si.org/milch/oeko-lm/lombricultura-2004.pdf>
- Capinera, J. 2008. Enciclopedia de Entomología. Disponible en <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6>
- Castillo, J. 2010. Análisis de lombricompuestos a partir de diferentes sustratos. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70455/juancarloscastillotaco.2010.pdf?sequence=>
- Centeno, N. 2021. Comportamiento agronómico de dos variedades de col rizada (*Brassica oleracea* var. *Sabellica*) bajo dos frecuencias de aplicación de caldo de humus de lombriz en el Municipio de El Alto. Tesis Ing.Agr. El Alto, Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 140 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25865/T>
- Centeno, N. 2022. Evaluación agronómica del cultivo de Kale (*Brassica oleracea*) producida con tecnología hidropónica en condiciones de invernadero en la provincia de Acobamba – Huancavelica. Tesis Ing. Agr. Perú. Universidad Nacional de Huancavelica. 98 p. Disponible en <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5e463c90-9b00-4393-b158-5a212e6d5cbc/content>
- Chavez, N. 2017. Respuestas al estrés por calor en los cultivos II tolerancia y tratamiento agronómico. Disponible en <https://www.redalyc.org/jatsRepo/437/43748637021/43748637021.pdf>
- Cheng, F. 2014. La triplicación del genoma impulsó la diversificación de las especies de Brassica biología molecular y Evolución. Reino Unido 1325 p. Disponible en <https://doi.org/10.1093/molbev/msu066>
- Diaz, E. 2019. Evaluación de la Adaptabilidad de Tres Variedades de Cultivo de Col (*Brassica* sp.). Peru. Universidad Nacional de San Martin. 72 p. Disponible en <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3448/1/AGRONOMIA%20->
- Duran, L. 2018. Caracterización química física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. Costa Rica. Universidad de Costa Rica 12 p. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/436/43631105.pdf>
- Escorcía, B. 1997. El Cultivo del Kale. Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 61 p. Disponible en <https://dagus.unison.mx//COL%20O%20KALE-DAG-HORT-011.pdf>
- Frezza, D. 2019. cultivos protegidos guia de prabajos practicos. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. 54 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25865/T-2874.pdf>

- Garcia, F. 2015. Familia Brassicaceas. España. Universidad Politecnica de Valencia. Disponible en www.euita.upv.es/variados/biologia/Tema
- Gottau, G. 2016. Todo sobre el kale propiedades beneficios y su uso en la cocina. España. 18 p. Disponible en <https://www.vitonica.com/alimentos/todo-sobre-el-kale-propiedades-beneficios-y-su-uso-en-la-cocina>
- Guarachi, E. 2011. Balance hídrico en el cultivo de papa bajo condiciones de drenaje sukakollus. Tesis Ing. Agr. El Alto, Bolivia.
- Hilaquita, R. 2017. Evaluación del rendimiento de dos variedades de col rizada (*Brassica oleracea* var. *Sabellica*) bajo tres niveles de abonamiento foliar organico aerobico en el Centro Experimental de Cota Cota. . Tesis Ing. Agr. Lapaz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 126 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/13658/T>
- Horigome, D. 2013. Purificación cristalización y análisis preliminar de rayos X de una proteína clorofila soluble en agua de (*Brassica oleracea*). Reino Unido. 2283 p. Disponible en <https://journals.iucr.org/d/issues/2003/12/00/>
- Huallpa, F. 2010. Comportamiento Productivo de Variedades (*Brassica oleracea*) con diferentes Abonos Orgánicos en el Altiplano Norte de La Paz. Tesis Ing. Agr. Lapaz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 96 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/5130/T-1383.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huanca, R. 1996. Estudio microclimatico de los Suka kollu y su influencia en la protección contra las heladas. Tesis Ing. Agr. Lapaz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.
- Izar, J. 2014. Lombricultura: Una opción sustentable de producción de alimentos para el campo mexicano. Mexico. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/263426152_LOMBRICULTURA_UNA OPCION SUSTENTABLE DE PRODUCCION DE ALIMENTOS PARA EL CAMPO MEXICANO
- Krarp, N. 2008. Seminario perspectivas hortofrutícolas para la IX Región CORFO. Perspectivas hortícolas de la IX Región. Chile. Disponible en https://Krarp.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSM_6dcf224b980e76d749c841b011b7d521/Details
- Layme, M. 2016. Evaluación agronómica de cuatro variedades de lechuga cresspa (*Lactuca sativa* L.) bajo el sistema hidropónico de "NFT" en la Estación Experimental de Kallutaca. Tesis Ing. Agr. El Alto, Bolivia Universidad Publica de El Alto. 96 p. Disponible en https://drive.google.com/file/d/1EpDq_WaJA2N7nFHXLXwhIUOTAVH2rG84/view?usp=d
- León, M. 2017. Importancia de la microbiología en el humus de lombriz y su efecto en la fertilidad del suelo. Lima, Peru. Universidad Nacional Agraria La Molina]. 86 p. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/XXXX>
- Lira, S. 1994. Fisiología Vegetal en Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Mexico. 237 p. Disponible en <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/fisiologiavegetalbidwell.pdf>

- Luna, V. 2023. Riego subsuperficial ad libitum en el cultivo de col rizada (*brassica oleracea var. Sabellica*) mediante el sistema de vasos comunicantes. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. 130 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/34409/TM-3211.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mannise, R. 2019. Obtenido de Col kale o col rizada, propiedades y cultivo. Chile. Disponible en <https://ecocosas.com/cocina-y-alimentos/kale-col-rizada>
- Marin, R. 2007. Evaluación de dos dosis de fertilizantes orgánicos (*humus de lombriz gallinaza*) sobre la dinámica del crecimiento y rendimiento del kale. Nicaragua. Disponible en https://agris.fao.org/search/en/kale_hunus_de_lombriz-gallinaza/122633/records/647246ca53aa8c8963048a5f
- Marrone, F. 2021. Rendimiento y Morfoanatomía de dos Cultivares de (*Brassica Oleracea var. Sabellica*). Argentina. Universidad Nacional de Cordoba. 18 p. Disponible en file:///C:/Users/USUARIO4/Downloads/3+Reyna.pdf
- Martínez, A. 1996. Producción y calidad del vermicompost: influencia de la alimentación en la composición nutritiva. Mexico. Universidad Nacional Autónoma de México. 98 p. Disponible en <https://ejemplo.unam.mx/tesis/martinez1996.pdf>
- Martínez, M. 2016. Efecto del Humus de lombriz por via Foliar en el Rendimiento del Cultivo del Repollo (*Brassica Oleracea Var. Copenhagen Market*) en ambiente atemperado. Tesis Ing. Agr. La paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 84 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10320/T-2306.pdf?sequence=1>
- Masabni, J. 2014. Profesor Asistente y Horticultor de Extensión del Departamento de Ciencias Hortícolas del Sistema Universitario. Estados Unidos. 6 p. Disponible en https://www.uog.edu/resources/files/wp/trc/FS016-19_GrowingKale.pd
- Michalak, M. 2020. Col Rizada fermentada como nueva fuente de ácidos gentísico y salicílico con potencial antitumoral. Reino, Unido. 12 p. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103866>
- Mita, E. 2016. Efecto del abono orgánico líquido aeróbico en la producción del cultivo de kale (*Brassica oleracea*). Tesis Ing. Agr. Lapaz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Disponible en http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/apt/v4n1/v4n1_a05.pdf
- Mora, M. 2021. Desarrollo y producción de dos variedades de kale (*brassica oleracea*). Mexico. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. 89 p. Disponible en http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/4754/Mora_Bautista_MA_MC_Edafologia_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Nicholls, C. 2008. Agroecología bases científicas para una agricultura sustentable. Place Published. Disponible en https://www.icia.es/icia/download/Agroecolog%C3%ADa/Material/Agricultura_sustentable.pdf

- Olivos. 2016. El huerto Brassicaceae. Lima Peru. Universidad Nacional Agraria Molina. Disponible en <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Ense%C3%B1anza/Clases%20Oleri%20general/Brassicaceae%202016.pdf>
- Ordas, A. 2004. Daños y métodos de control de los principales enemigos de cultivos plagas y enfermedades de coles y coliflores Leon, España. 4 p. Disponible en <https://digital.csic.es/handle/10261/45143>
- Quinatoa, N. 2015. Evaluación del control de botrytis (*botrytis cinérea*) en el cultivo de mora (*rubus glaucus benth*) mediante el uso de trichoderma y emas en la comunidad de misquillí de la parroquia santa rosa provincia de tungurahua. Tesis Ing. Agr. Ambato, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato Facultad De Ciencias Agropecuarias Carrera de Ingeniería Agronómica. 83 p. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/269560d1-0798-4bc9-a8fc-3048da719caf/content>
- Reyna, M. 2022. Rendimiento y Morfoanatomía de dos Cultivares de (*Brassica oleracea var. Sabellica*). Tesis C. Agr. Mexico. la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Mexico. . 32 p. Disponible en <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/tecnologico%20de%20monterey/article/view/38670>
- Rivas, L. 2018. Influencia del sustrato en el contenido de nutrimentos. Colombia. 28 p. Disponible en <https://www.influenciasustrato.com/2223-7747/8/9/3>
- Romero, H. 2019. Evaluación de la adaptabilidad de tres variedades de cultivo de col (*Brassica sp.*) en el distrito de Lamas. Peru. Universidad Nacional de San Martin Tarapoto. 98 p. Disponible en https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSM_cf0689d78fc2d969793984145a00cdec
- Saavedra, G. 2019. Kale (*Brassica oleracea convar. var. acephala*) Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile. 272 p. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6818>
- Sandoval, G. 2022. Comparación de adaptación de cuatro cultivares de (*Brassica oleracea L.*) con humus de Lombriz, en Pichanaqui - Perú. Peru. Universidad Nacional del Centro del Perú. 31 p. Disponible en [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/ci%C3%B3n%20de%20cuatro%20cultivares%20de%20Brassica%](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/ci%C3%B3n%20de%20cuatro%20cultivares%20de%20Brassica%20)
- Sommatico, S. 2018. Kale la hortaliza que está en la mira de todos por sus propiedades nutritivas. Argentina. 78 p. Disponible en <https://www.infocampo.com.ar/kale-la-hortaliza-que-esta-en-la-mira-de-todos>
- Sonmatico, s. 2018. Kale la Hortaliza que esta en la mira de todos por sus propiedades Nutritivas. Argentina. 28 p. Disponible en <https://agroempresario.com/publicacion/7311/kale-la-hortaliza-que-esta-en-la-mira-de-todos-por-sus-propiedades-nutritivas/>

- Ticona, L. 2018. Producción y rendimiento de col rizada en diferentes condiciones de cultivo. Place Published. Disponible en https://www.icia.es/icia/download/Agroecolog%C3%ADa/Material/Agricultura_sustentable.pdf
- Trinidad, A. 2007. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Mexico. 255 p. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317309.pdf>
- USDA. 2012. Perspectivas de verduras y legumbres: Artículo especial sobre las estadísticas de la Col Rizada. Disponible en <https://www.ers.usda.gov/>
- Vigliola, M. 2003. Manual de horticultura. Argentina. Universidad de Buenos Aires 226 p. Disponible en <https://es.scribd.com/document/356436671/Manual-de-Horticultura-Vigliola>

8. ANEXOS

— Anexo 1. Análisis de suelo



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"



N° PURUMA 709-2025

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELO

Datos del Cliente		Datos del Laboratorio	
Cliente	Gaby Choque Quispe	Fecha de recepción de muestra	13/05/2025
Código de la Muestra	Suelo para tesis en apio	Fecha de emisión de informe	05/06/2025
Responsable de muestreo	Gaby Choque Quispe	Código de la muestra	Suelo para tesis en apio
Fecha de muestreo	31/08/2024	Código Laboratorio	LMS-446
Ubicación de la muestra	Departamento: La Paz Municipio: Laja Provincia: Los Andes Estación experimental: Municipio: Laja		
Coordenadas	X: 16°31'26" Latitud Sur		
Altitud: 3900 msnm	Y: 68°18'31" Longitud Oeste		

RESULTADOS

	PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO
TEXTURA	Arena	%	25,92	Bouyoucos
	Limo	%	42,88	
	Arcilla	%	31,20	
	Clase textural	-	Franco Arcillosa	
	pH en H ₂ O relación 1:2,5	-	8,36	Potenciometría
	Conductividad eléctrica (1:5)	dS/m	2,58	Potenciometría
	Materia Orgánica	%	13,60	Walkley y Black-Espectrofotometría
	Nitrógeno total	%	0,31	Kjeldahl
	Fosforo disponible	ppm	92,00	Bray y Kurtz; Olsen
	Potasio intercambiable	meq/100g	3,51	Acetato de amonio 1N pH 7 (Espectrofotómetro de emisión atómica)

Ing. Daniela Ninoska Tola Garfias
Responsable de laboratorio
PURUMA Agricultura Regenerativa



CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CBN, Viacha #2045, La Paz-Bolivia Correo Electrónico: puruma.bolivia@gmail.com

Página web: Puruma.org Redes sociales: Puruma Celular: +591 74015451 +591 77732819

Anexo 2. Análisis químico de agua

Municipio de Laja- Agua de pozo (UPEA - Agronomía)

Lugar: Kallutaca, Cliente: Vladimir Ramos Apaza

Fecha de recepción: 29/08/2024

Fecha de entrega: 10/09/2024



Resultados del análisis de AGUA en meq/L y ppm

Parámetros:

pH:

Conductividad eléctrica: dS/m

Cationes:

Ca ⁺²	<input type="text" value="1,05"/>	meq/L	Ca	<input type="text" value="21"/>	ppm
Mg ⁺²	<input type="text" value="0,36"/>	meq/L	Mg	<input type="text" value="4"/>	ppm
K ⁺	<input type="text" value="0,14"/>	meq/L	K	<input type="text" value="5"/>	ppm
Na ⁺	<input type="text" value="0,59"/>	meq/L	Na	<input type="text" value="14"/>	ppm
NH ₄ ⁺	<input type="text" value="0,02"/>	meq/L	N-NH ₄	<input type="text" value="0"/>	ppm
Suma de cationes	<input type="text" value="2,16"/>	meq/L			

Aniones:

NO ₃ ⁻	<input type="text" value="0,6"/>	meq/L	N-NO ₃	<input type="text" value="8"/>	ppm
SO ₄ ⁻²	<input type="text" value="1,125"/>	meq/L	S	<input type="text" value="36"/>	ppm
H ₂ PO ₄ ⁻	<input type="text" value="0,012371"/>	meq/L	P	<input type="text" value="0"/>	ppm
CO ₃ ⁻²	<input type="text" value="0"/>	meq/L	CO ₃	<input type="text" value="0"/>	ppm
HCO ₃ ⁻	<input type="text" value="1,15"/>	meq/L	HCO ₃	<input type="text" value="70"/>	ppm
Cl ⁻	<input type="text" value="0,05"/>	meq/L	Cl	<input type="text" value="2"/>	ppm
Suma de aniones	<input type="text" value="2,93"/>	meq/L			

TDS ppm

SALT ppm

Microelementos:

Fe	<input type="text" value="0,31"/>	ppm
Cu	<input type="text" value="0,06"/>	ppm
Mn	<input type="text" value="0,027"/>	ppm
Zn	<input type="text" value="0,02"/>	ppm
B	<input type="text" value="0,021"/>	ppm

Características del agua:

RAS

Dureza del agua grados hidrotimétricos franceses (ghf)

CE generada por sales nocivas (Na. Cl. HCO₃)

CE generada por sales nutrientes

Si RAS < 3 no hay problemas de sodicidad
Se considera agua dura si ghf > 32

Cuantos ml/m³ se ocupan de ácido para bajar el pH del agua de riego hasta 5.5 - 6.6

Acido sulfúrico:	Densidad	<input type="text" value="1,84"/>	g/cm ³	Pureza	<input type="text" value="98"/>	%	<input type="text" value="4,0"/>	ml/m ³
Acido fosfórico:	Densidad	<input type="text" value="1,66"/>	g/cm ³	Pureza	<input type="text" value="75"/>	%	<input type="text" value="11,6"/>	ml/m ³
Acido nítrico:	Densidad	<input type="text" value="1,11"/>	g/cm ³	Pureza	<input type="text" value="70"/>	%	<input type="text" value="12,0"/>	ml/m ³

M. Sc. Victor Paye Huaranca
GERENTE GENERAL LABSAS PRO

Anexo 3. Análisis de Humus de lombriz

ANALISIS QUIMIDO DE M1 EN PS

Lugar: Kallutaca, Cliente: Vladimir Ramos Apaza

Fecha de recepcion: 29/08/2024

Fecha de entrega: 10/09/2024



Resultados del análisis químico de M1 en meq/L y ppm

Parámetros:

pH

Conductividad eléctrica dS/m

Cationes:

Ca ⁺²	<input type="text" value="2.2"/>	meq/L	Ca	<input type="text" value="44"/>	ppm
Mg ⁺²	<input type="text" value="0.8"/>	meq/L	Mg	<input type="text" value="10"/>	ppm
K ⁺	<input type="text" value="0.18"/>	meq/L	K	<input type="text" value="7"/>	ppm
Na ⁺	<input type="text" value="0.5"/>	meq/L	Na	<input type="text" value="12"/>	ppm
NH ₄ ⁺	<input type="text" value="0.015"/>	meq/L	N-NH4	<input type="text" value="0"/>	ppm
Suma de cationes	<input type="text" value="3.695"/>	meq/L			

Aniones:

NO ₃ ⁻	<input type="text" value="2.5"/>	meq/L	N-NO3	<input type="text" value="35"/>	ppm
SO ₄ ⁻²	<input type="text" value="0.5"/>	meq/L	S	<input type="text" value="16"/>	ppm
H ₂ PO ₄ ⁻	<input type="text" value="0"/>	meq/L	P	<input type="text" value="0"/>	ppm
CO ₃ ⁻²	<input type="text" value="0"/>	meq/L	CO3	<input type="text" value="0"/>	ppm
HCO ₃ ⁻	<input type="text" value="0.23"/>	meq/L	HCO3	<input type="text" value="14"/>	ppm
Cl ⁻	<input type="text" value="0.18"/>	meq/L	Cl	<input type="text" value="6"/>	ppm
Suma de aniones	<input type="text" value="3.41"/>	meq/L			

TDS ppm Si esta entre: 0-300 Excelente; 300-600
SALT ppm Nivel bueno: 900-1200 nivel no recomendable

Microelementos:

Fe	<input type="text" value="0.013"/>	ppm
Cu	<input type="text" value="0"/>	ppm
Mn	<input type="text" value="0"/>	ppm
Zn	<input type="text" value="0"/>	ppm
B	<input type="text" value="0"/>	ppm

TIPO DE AGUA	GRADOS FRANCESES	ppm CO ₃ Ca
MUY BLANDA	< 7	< 70
BLANDA	7 - 14	71 - 141
SEMI BLANDA	14 - 22	142 - 220
SEMI DURA	22 - 32	221 - 320
DURA	32 - 54	321 - 540
MUY DURA	> 54	> 541

Características del agua:

RAS Si RAS < 3 no hay problemas de sodicidad
Dureza del agua grados hidrotimétricos franceses (ghf) Se considera agua dura si ghf > 32
CE generada por sales nocivas (Na, Cl, HCO₃)
CE generada por sales nutrientes

Cuantos ml/m³ se ocupan de ácido para bajar el pH del agua de riego hasta 5.5 - 6.6

Acido sulfúrico:	Densidad	<input type="text" value="1.84"/>	g/cm ³	Pureza	<input type="text" value="98"/>	%	<input type="text" value="-7.3"/>	ml/m ³
Acido fosfórico:	Densidad	<input type="text" value="1.71"/>	g/cm ³	Pureza	<input type="text" value="85"/>	%	<input type="text" value="-15.8"/>	ml/m ³
Acido nítrico:	Densidad	<input type="text" value="1.41"/>	g/cm ³	Pureza	<input type="text" value="70"/>	%	<input type="text" value="-19.1"/>	ml/m ³

M. Sc. Victor Paye Huaranca
GERENTE GENERAL DE LABSAS PRO

7. Depreciación cubiera por ciclo de cultivo (Agrofilm)	Ciclo	1	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	2.00
8. Depreciación estructura carpa solar/ciclo cultivo	Ciclo	1	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00
9. Depreciación electrobomba/ciclo cultivo	Ciclo	0	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.27
10. Depreciación sistema de riego/ciclo cultivo	Ciclo	0.6	10.45	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	1.13
11. Alquiler terreno (115 m2)	Ciclo	1	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.00
12. Mantenimiento infraestructura productiva	Ciclo	0.1	10.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13. Administración y supervisión	Ciclo	0.1	10.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	13.37
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				13.37	13.37	13.37	13.37	13.37	13.37	120.45
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN				208.59	210.03	210.59	211.65	221.84	205.53	

Anexo 5. Preparación del sustrato para el almacigo



Anexo 6. Siembra de las dos variedades de col rizada en el almacigo



Anexo 7. Germinación de las 2 variedades de col de rizada en el almacigo



Anexo 8. Pesando el Humus de Lombriz en sus diferentes niveles



Anexo 9. Trasplante de col rizada



Anexo 10. Prendimiento de las dos variedades de col rizada



Anexo 11. Numeración de las muestras de planta de las dos variedades de col de rizada



Anexo 12. Materiales herramientas de escritorio y de campo para las dos variedades de col rizada



Anexo 13. Seleccionado para las cosechas de col rizada



Anexo 14. Hojas de las variedades de col rizada verde oscuro variedad Berza verde claro variedad Krumer Grauser.



Anexo 15. Sellado de las dos variedades de col rizada



Anexo 16. Producto final de dos variedades de col rizada

