

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE TRES
VARIEDADES DE NABO (*Brassica napus L.*) BAJO NIVELES DE
ABONO DE BOVINO EN LA COMUNIDAD COLLO COLLO,
MUNICIPIO DE LAJA**

Por:

Cristian Apaza Quispe

**EL ALTO – BOLIVIA
Noviembre, 2025**

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

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE TRES VARIEDADES DE
NABO (*Brassica napus L.*) BAJO NIVELES DE ABONO DE BOVINO EN LA
COMUNIDAD COLLO COLLO, MUNICIPIO DE LAJA

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

Cristian Apaza Quispe

Asesores:

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

Tribunal Revisor:

Lic. Ing. Walter Fernandez Molina

Lic. Ing. Vicky Ruth Villca Calle

M. Sc. Lic. Ing. Victor Paye Huaranca

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

A Dios por su divino amor y vida, por haberme dado la vida, el que ha sido un gran amigo, me ha acompañado en todo momento y por permitirme lograr mis metas.

A toda mi familia, a mis padres Isidro Apaza Ali y Ricarda Quispe Viscarra, a mis hermanos Ronald Apaza Quispe, Ximena y Vania por su gran apoyo, esfuerzo y sacrificio que me brindaron incondicionalmente.

En especial al pilar fundamental, mi querida esposa Elizabeth Espinal Sonco por brindarme su amor incondicional, su paciencia, apoyo y esfuerzo, que me brindó en todo momento durante este camino.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Pública de El Alto (UPEA), Área de Ciencias Agrícolas Pecuarias y Recursos Naturales, Carrera Ingeniería Agronómica por haberme formado para realizar mis sueños más anhelado el de ser Ingeniero Agrónomo. A todos los docentes, quienes forjaron mis estudios en el transcurso de toda la carrera.

A mi asesor M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez por toda la colaboración que me brindaron asesorando y orientándome, durante toda la etapa de investigación, un agradecimiento muy especial.

Al tribunal examinador: Lic. Ing. Walter Fernandez Molina, Lic. Ing. Vicky Ruth Villca Calle y M. Sc. Lic. Ing. Victor Paye Huaranca por las correcciones y observaciones realizadas en la elaboración del documento.

Un agradecimiento muy especial a don Grover Limachi y a su señora esposa Deysi Cusi, quienes me entendieron y apoyaron incondicionalmente en el transcurso de la carrera universitaria, siempre estaré eternamente agradecido.

A mis amigos y compañeros de estudio: Jhonnatan, Wilson, Guido, Limbert, Jhoselin, Erika, Joel Monasterios, Joel Miranda, Melisa, Esmeralda, por los buenos momentos increíbles compartidos y vividos en las aulas, en los viajes, los distintos comportamientos que hicimos en todo el transcurso de la carrera, siempre los tendré presente en mi corazón.

CONTENIDO

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

ÍNDICE DE TEMAS

| | |
|---|---|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Antecedentes | 2 |
| 1.2. Planteamiento del problema..... | 3 |
| 1.3. Justificación..... | 3 |
| 1.4. Objetivos | 4 |
| 1.4.1. Objetivo general..... | 4 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 4 |
| 1.5. Hipótesis | 4 |
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 5 |
| 2.1. Generalidades del cultivo | 5 |
| 2.1.1. Origen | 5 |
| 2.1.2. Taxonomía | 5 |
| 2.2. Descripción morfológica del cultivo de nabo..... | 6 |
| 2.2.1. Raíz | 6 |
| 2.2.2. Tallo..... | 6 |
| 2.2.3. Hoja | 6 |

| | |
|--|----|
| 2.2.4. Flor | 6 |
| 2.3. Requerimientos edafoclimáticos..... | 7 |
| 2.3.1. Temperatura | 7 |
| 2.3.2. Suelo | 7 |
| 2.4. Manejo agronómico del cultivo | 7 |
| 2.4.1. Preparación del suelo | 7 |
| 2.4.2. Siembra..... | 7 |
| 2.4.3. Densidad de siembra..... | 8 |
| 2.5. Labores culturales..... | 8 |
| 2.5.1. Raleo..... | 8 |
| 2.5.2. Desmalezado | 8 |
| 2.5.3. Aporque..... | 8 |
| 2.5.4. Riego..... | 8 |
| 2.6. Cosecha | 9 |
| 2.7. Rendimiento | 9 |
| 2.8. Abono orgánico | 9 |
| 2.8.1. Abono de bovino..... | 9 |
| 2.8.2. Beneficio del uso del abono | 10 |
| 2.8.3. Aplicación de abono de bovino en nabo | 10 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 11 |
| 3.1. Localización | 11 |
| 3.1.1. Ubicación geográfica | 11 |
| 3.1.2. Características edafoclimáticas..... | 11 |
| 3.1.2.1. Clima..... | 11 |
| 3.1.2.2. Suelo..... | 12 |
| 3.1.2.3. Flora | 12 |

| | |
|---|----|
| 3.2. Materiales..... | 12 |
| 3.2.1. Material de estudio | 12 |
| 3.2.2. Material de gabinete | 13 |
| 3.2.3. Material de campo | 13 |
| 3.3. Metodología | 13 |
| 3.3.1. Procedimiento experimental..... | 13 |
| 3.3.1.1. Análisis físico-químico de suelo | 13 |
| 3.3.1.2. Preparación del terreno | 14 |
| 3.3.1.3. Trazado de unidades experimentales | 14 |
| 3.3.1.4. Incorporación de abono de bovino..... | 14 |
| 3.3.1.5. Instalación de riego | 14 |
| 3.3.1.6. Siembra..... | 15 |
| 3.3.1.7. Marbete de plantas | 15 |
| 3.3.1.8. Labores culturales | 15 |
| 3.3.1.9. Cosecha..... | 16 |
| 3.3.2. Diseño experimental | 16 |
| 3.3.3. Factores de estudio | 17 |
| 3.3.3.1. Formulación de tratamientos..... | 17 |
| 3.3.4. Croquis del experimento..... | 17 |
| 3.3.5. Variables de respuesta..... | 18 |
| 3.3.5.1. Número de hojas | 18 |
| 3.3.5.2. Altura de la planta..... | 18 |
| 3.3.5.3. Diámetro de la raíz | 18 |
| 3.3.5.4. Longitud de la raíz | 18 |
| 3.3.5.5. Rendimiento..... | 18 |
| 3.3.6. Análisis económico | 19 |

| | |
|---|----|
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 20 |
| 4.1. Variables climáticas | 20 |
| 4.1.1. Temperatura | 20 |
| 4.1.2. Precipitación | 21 |
| 4.2. Variables agronómicas | 22 |
| 4.2.1. Número de hojas..... | 22 |
| 4.2.1.1. Curva de crecimiento de número de hojas | 26 |
| 4.2.2. Altura de planta..... | 26 |
| 4.2.2.1. Curva de crecimiento de altura de planta | 30 |
| 4.2.3. Diámetro de raíz | 30 |
| 4.2.4. Longitud de raíz | 34 |
| 4.2.5. Rendimiento..... | 37 |
| 4.3. Análisis económico | 41 |
| 5. CONCLUSIONES | 43 |
| 6. RECOMENDACIONES..... | 44 |
| 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 45 |
| 8. ANEXOS | 49 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | | |
|------------|--|----|
| Cuadro 1. | Temperatura promedio | 21 |
| Cuadro 2. | Análisis de varianza para número de hojas | 23 |
| Cuadro 3. | Análisis comparativo Duncan de número de hojas para variedades | 23 |
| Cuadro 4. | Análisis de varianza para altura de planta | 27 |
| Cuadro 5. | Análisis comparativo Duncan de altura de planta para variedades | 27 |
| Cuadro 6. | Análisis de varianza para diámetro de raíz | 31 |
| Cuadro 7. | Análisis comparativo Duncan de diámetro de raíz para variedades | 31 |
| Cuadro 8. | Análisis de varianza para longitud de raíz | 34 |
| Cuadro 9. | Análisis comparativo Duncan de longitud de raíz para variedades | 34 |
| Cuadro 10. | Análisis comparativo Duncan nivel x variedad para longitud de raíz | 36 |
| Cuadro 11. | Análisis de varianza para rendimiento | 38 |
| Cuadro 12. | Análisis económico variedades de nabo bajo niveles de abono (Bs/ha) | 41 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1. | Ubicación del lugar de estudio | 11 |
| Figura 2. | Croquis experimental del terreno a campo abierto | 17 |
| Figura 3. | Temperaturas registradas durante el desarrollo del cultivo..... | 20 |
| Figura 4. | Precipitaciones registradas durante el desarrollo del cultivo..... | 21 |
| Figura 5. | Número de hojas para variedad | 24 |
| Figura 6. | Número de hojas para niveles de abono..... | 24 |
| Figura 7. | Interacción nivel y variedad para número de hojas | 25 |
| Figura 8. | Curva de crecimiento de número de hojas | 26 |
| Figura 9. | Altura de plantas para variedad..... | 28 |
| Figura 10. | Altura de plantas para nivel de abono..... | 28 |
| Figura 11. | Interacción nivel y variedad para altura de planta | 29 |
| Figura 12. | Curva de crecimiento de altura de planta | 30 |
| Figura 13. | Diámetro de raíz para variedad | 32 |
| Figura 14. | Diámetro de raíz para nivel de abono | 32 |
| Figura 15. | Interacción nivel y variedad para diámetro de raíz | 33 |
| Figura 16. | Longitud de raíz para variedad..... | 35 |
| Figura 17. | Longitud de raíz para nivel de abono | 36 |
| Figura 18. | Interacción nivel y variedad para longitud de raíz..... | 37 |
| Figura 19. | Rendimiento para nivel de abono..... | 38 |
| Figura 20. | Rendimiento para variedad | 39 |
| Figura 21. | Interacción nivel y variedad para rendimiento..... | 40 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | | |
|-----------|---|----|
| Anexo 1. | Costos de producción sin abono (Bs/ha) | 50 |
| Anexo 2. | Costo de producción con incorporación de abono (Bs/ha)..... | 50 |
| Anexo 3. | Costo de producción por tratamiento (Bs/ha) | 50 |
| Anexo 4. | Ánálisis físico-químico de suelo | 51 |
| Anexo 5. | Ánálisis químico de abono bovino..... | 52 |
| Anexo 6. | Muestreo de suelo | 53 |
| Anexo 7. | Lugar y preparación del terreno | 54 |
| Anexo 8. | Trazado de unidades experimentales | 54 |
| Anexo 9. | Muestreo e incorporación de abono bovino | 55 |
| Anexo 10. | Sistema de riego por goteo | 55 |
| Anexo 11. | Siembra..... | 56 |
| Anexo 12. | Desmalezado y aporque..... | 56 |
| Anexo 13. | Cosecha | 57 |
| Anexo 14. | Medición diámetro de raíz | 57 |
| Anexo 15. | Medición longitud de raíz..... | 58 |
| Anexo 16. | Pesaje de nabos | 58 |
| Anexo 17. | Lavado de nabo | 59 |

ABREVIATURAS

| | |
|----------------|-------------------------------|
| pH | El potencial de hidrógeno |
| °C | Centígrados |
| m s. n. m. | Metros sobre el nivel del mar |
| Mm | Milímetro |
| Cm | Centímetro |
| M | Metros |
| m ² | Metros cuadrados |
| Kg | Kilogramo |
| T | Tonelada |
| ha | Hectárea |
| GPS | Global Positioning System |
| N | Nitrógeno |
| P | Fósforo |
| K | Potasio |
| MO | Materia Orgánica |
| % | Porcentaje |

RESUMEN

La presente investigación evaluó el comportamiento agronómico de tres variedades de nabo (*Brassica napus L.*) Cuello Violeta Globo Blanco, Purple Top White Globe y Pera Colo Roxo bajo diferentes niveles de abono de bovino (0,0, 2,5 y 5,0 kg/m²) en la comunidad Collo Collo, municipio de Laja. El estudio se realizó a campo abierto, empleando un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones. Las variables analizadas incluyeron número de hojas, altura de planta, diámetro de raíz, longitud de raíz y rendimiento (t/ha) y un análisis económico mediante la relación Beneficio/Costo (B/C). Los niveles de abono bovino aplicados no afectaron significativamente el rendimiento ni las variables agronómicas estudiadas. Los resultados mostraron que la variedad Cuello Violeta Globo Blanco presentó el mejor desempeño agronómico, con mayores valores en número de hojas (13,98), altura de planta (32,75 cm), diámetro de raíz (6,72 cm) y longitud de raíz (6,03 cm). El mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento T1 0,0 kg/m² con Cuello Violeta Globo Blanco obteniendo un resultado de 38,34 t/ha, aunque no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Económicamente, el tratamiento T1 (0,0 kg/m² con Cuello Violeta Globo Blanco) registró mejor relación B/C con 1,98 Bs, mientras que dosis altas de abono (5,0 kg/m²) redujeron la relación B/C de 0,85 Bs. Se concluye que la variedad Cuello Violeta Globo Blanco es la más adecuada para la zona por su adaptabilidad y rendimiento, y que el abono de bovino no influye significativamente en la producción del cultivo. Se recomienda su uso en dosis bajas (<2,5 kg/m²) para mejorar propiedades del suelo sin afectar la rentabilidad.

ABSTRACT

This study evaluated the agronomic performance of three turnip (*Brassica napus* L.) varieties: Cuello Violeta Globo Blanco, Purple Top White Globe, and Pear Colo Roxo under different levels of cattle manure (0,0, 2,5, and 5,0 kg/m²) in the Collo Collo community, Laja municipality. The study was conducted in the open field, using a randomized complete block experimental design with a split-plot arrangement and three replications. The variables analyzed included number of leaves, plant height, root diameter, root length, and yield (t/ha), and an economic analysis using the Benefit/Cost (B/C) ratio. The levels of cattle manure applied did not significantly affect yield or the agronomic variables studied. The results showed that the Cuello Violeta Globo Blanco variety presented the best agronomic performance, with higher values in number of leaves (13,98), plant height (32,75 cm), root diameter (6,72 cm) and root length (6,03 cm). The highest yield was obtained with treatment T1 0,0 kg/m² with Cuello Violeta Globo Blanco obtaining a result of 38,34 t/ha, although no significant differences were found between treatments. Economically, treatment T1 (0,0 kg/m² with Cuello Violeta Globo Blanco) registered a better B/C ratio with 1,98 Bs, while high doses of fertilizer (5,0 kg/m²) reduced the B/C ratio by 0,85 Bs. It is concluded that the Cuello Violeta Globo Blanco variety is the most suitable for the area due to its adaptability and yield, and that cattle manure does not significantly influence crop production. Its use is recommended at low doses (<2,5 kg/m²) to improve soil properties without affecting profitability.

1. INTRODUCCIÓN

Choquemiza y Quispe, citado por Vasquez (2021), refieren que la producción de hortalizas en Bolivia es de aproximadamente de 240.000 toneladas, llegándose a consumir 15 kg/persona/año, en el área rural y 30,50 kg/persona/año en el área urbana, situándose entre los países con más bajos niveles de consumo de hortalizas comparado con la media mundial de 67,68 kilos de hortalizas consumidas por persona al año.

En Bolivia, en los últimos años las hortalizas han cobrado un auge sorprendente, desde el punto de vista de la producción, en el aspecto social debido a la gran demanda de mano de obra y a la captación de divisas que generan, sin embargo, si se lo observa desde la perspectiva de la dieta alimentaria, con respecto al consumo de hortalizas es insuficiente, debido al desconocimiento de la gran cantidad de hortalizas, con propiedades nutritivas y medicinales que se producen en nuestro país. Se cree que el nabo fue la base de la alimentación de las tribus primitivas que poblaron Europa. Hace cuatro milenios se cultivó por vez primera y, con posterioridad, fue muy apreciado por griegos y romanos. Ambas civilizaciones desarrollaron nuevas variedades a partir del nabo silvestre (Huallpa, 2010).

Según Mamani (2018), en los últimos años la población dejó de lado los alimentos nutritivos como algunas hortalizas, ya que dentro de ello se encuentra el nabo, en la actualidad no es muy apreciado, este cultivo se ha extendido en todo el mundo, en especial como alimento para el ganado

El nabo es una hortaliza que se adapta muy bien a los climas fríos, pertenece a la familia Brassicaceae, también llamadas Crucíferas, que engloba 380 géneros y unas 3.000 especies propias de regiones templadas y frías del hemisferio norte. La importancia de esta familia de hortalizas, a la que también pertenecen las coles y los berros, reside en que contienen compuestos de azufre considerados como potentes antioxidantes que ayudan a prevenir enfermedades (Conversa *et al.*, 2020).

Los abonos orgánicos como el abono de bovino, mejoran la producción por medio de los abundantes beneficios que estos poseen, mejorando las características físico-químicas de los suelos agrícolas, permitiendo el aprovechamiento de manera más rápida y eficiente por parte de las plantas (Condori, 2016).

1.1. Antecedentes

Condori (2016), desarrollo una investigación en Sapahaqui, provincia Loayza del departamento de La Paz, evaluando el comportamiento agronómico de tres variedades de nabo bajo la aplicación de abonos orgánicos (humus de lombriz y compost) en condiciones de carpeta solar. El estudio se realizó bajo un diseño completamente al azar con arreglo de parcelas divididas. Los resultados mostraron que el humus de lombriz generó mejores respuestas en variables fisiológicas y agronómicas como altura de planta, diámetro de raíz, peso total y rendimiento. La variedad Pera Colo Roxo destacó con un rendimiento promedio de 30,30 t/ha, seguida por Purple Top White Globe 27,70 t/ha y Minowase 25,45 t/ha.

En el municipio de Patacamaya, Mamani (2018) evaluó el efecto de tres tipos de abonos orgánicos bovino, ovino y gallinaza, sobre el cultivo de nabo (*Brassica napus L.*) en condiciones de campo abierto. El estudio se realizó bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, en una superficie experimental de 25 m², utilizando una densidad de siembra de 25 cm entre surcos y 15 cm entre plantas. El tratamiento con estiércol bovino mostró resultados agronómicos relevantes. Se obtuvo una altura promedio de planta de 24,75 cm, un diámetro de raíz de 5,10 cm, una longitud de raíz de 10,25 cm, y un peso promedio de raíz de 58,25 g. El rendimiento total alcanzado fue de 30,5 a 41,7 t/ha, con un beneficio neto de 56.250 Bs/ha y una relación beneficio/costo (B/C) de 1,60 lo que demuestra su viabilidad económica y técnica en sistemas de producción orgánica.

Vasquez (2021), evaluó el efecto de dos dosis de biol, fertilizante líquido obtenido por fermentación anaeróbica de estiércol bovino sobre variables agronómicas del nabo (Cuello Violeta Globo Blanco) en la localidad de Patacamaya, departamento de La Paz. El experimento se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar, aplicando biol en concentraciones del 15% y 30%, comparadas con un tratamiento testigo sin fertilización. Los resultados mostraron que el tratamiento con 30% de biol presentó los mejores valores en número de hojas (14), diámetro de raíz (5,39 cm), peso de raíz (64,64 g) y rendimiento (2,85 t/ha). Sin embargo, el análisis económico reveló que el tratamiento testigo obtuvo la mayor relación beneficio/costo (B/C = 1,56), lo que sugiere que el uso de biol debe evaluarse no solo por su efecto agronómico, sino también por su rentabilidad.

Los antecedentes recopilados permiten establecer una base comparativa con los resultados obtenidos en la presente investigación.

1.2. Planteamiento del problema

En la comunidad Collo Collo del municipio de Laja, los sistemas de producción agrícola se centran tradicionalmente en el cultivo de papa, haba y papalisa, utilizando principalmente abono de bovino como fertilizante. Sin embargo, está limitada diversificación de cultivos representa un riesgo para la seguridad alimentaria local y económica de los agricultores, particularmente ante los desafíos del cambio climático.

Actualmente, el nabo (*Brassica napus L.*) no forma parte de los cultivos establecidos en la zona, a pesar de ser una hortaliza con buen potencial de adaptación a condiciones climáticas frías. Esta ausencia podría deberse a desconocimiento de su manejo agronómico bajo las condiciones edafoclimáticas específicas de la comunidad, a falta de información sobre variedades adecuadas para la zona y carencia de datos técnicos sobre la dosificación óptima del abono bovino cuya disponibilidad es alta pero su aplicación técnica aún es empírica.

1.3. Justificación

El presente trabajo de investigación se realizó a campo abierto, con el fin de probar el comportamiento agronómico de tres variedades de nabo, bajo la incorporación de diferentes niveles de abono bovino que aporta nutrientes y mejora el suelo, esta información servirá para hacer conocer a los pobladores y productores de la comunidad Collo Collo, el comportamiento agronómico y rendimiento que tienen las tres variedades de nabo bajo la incorporación de niveles de abono bovino en el cultivo.

El cultivo de nabo es una alternativa para diversificar la producción en la comunidad de Collo Collo, mejorando la productividad en suelos del altiplano. El uso de abono de bovino puede optimizar el rendimiento del cultivo y fortalecer la economía local. Este estudio permitirá identificar las mejores combinaciones de variedades y niveles de abono de bovino, proporcionando herramientas sostenibles para el desarrollo agrícola de la región.

Al introducir el nabo como nuevo cultivo, se ofrece a los agricultores una alternativa para diversificar su producción, reduciendo la dependencia exclusiva de papa, haba y papalisa, por ello se plantea el estudio referido, evaluación del comportamiento agronómico de tres variedades de nabo (*Brassica napus L.*) bajo niveles de abono de bovino en la comunidad Collo Collo, municipio de Laja.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de nabo (*Brassica napus L.*) bajo niveles de abono de bovino en la comunidad Collo Collo, municipio de Laja.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento agronómico de tres variedades de nabo bajo niveles de abono de bovino.
- Evaluar el rendimiento de tres variedades de nabo bajo niveles de abono de bovino.
- Realizar la relación Beneficio/Costo de la producción de nabo.

1.5. Hipótesis

- H_0 : No existen diferencias significativas en el comportamiento agronómico entre las variedades de nabo bajo distintos niveles de abono de bovino.
- H_0 : El rendimiento del cultivo de nabo no varía significativamente entre las variedades bajo niveles de abono de bovino.
- H_0 : La relación beneficio/costo de la producción de nabo no presenta diferencias significativas entre los tratamientos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades del cultivo

2.1.1. Origen

Es una planta originaria de Europa central y meridional, donde se cultiva desde hace 400 años. Se estima que la región de origen fue el Mediterráneo oriental al este de Pakistán y China. Su nombre científico es (*Brassica napus L.*), es una leguminosa con raíces redondeadas o planas y es de color morado bicolor fondo superior y blanco, es un alimento refrescante bastante rico en minerales contiene ácidos aromáticos que potencian su sabor (Ramos, 2022).

Según Maroto citado por Condori (2016), menciona que el origen del nabo se lo ha determinado de forma concluyente; aunque parece ser que las variedades de nabo de pequeño tamaño se originaron en la región mediterránea, mientras que los grandes nabos pudieron originarse en Japón o China.

2.1.2. Taxonomía

La clasificación taxonómica del nabo según Mula (2021), es la siguiente:

| | |
|----------------------|----------------------------|
| Reino | : Plantae |
| División | : Magnoliophyta |
| Clase | : Magnoliopsida |
| Orden | : Capparales |
| Familia | : Brassicaceae |
| Género | : <i>Brassica</i> |
| Especie | : <i>napus L.</i> |
| N. Científico | : <i>Brassica napus L.</i> |
| Nombre vulgar | : Nabo |

2.2. Descripción morfológica del cultivo de nabo

Vasquez (2021), afirma que es una planta erecta bianual con sistema radicular engrosado, existiendo dos tipos de variedades distintos, unos globulados y otros alargadas en su colocación varían entre el blanco y el rojo, y presenta por lo común, pulpa blanca o amarillenta.

2.2.1. Raíz

Mamani (2018), menciona que puede presentarse de forma redondeada, aplanada. El tamaño del nabo depende de la variedad, entre 12 y 15 cm de longitud. Su peso medio es de 100 - 200 g y presenta un color blanco o amarillento, está cubierta por una piel fina de color amarillo o blanco que en ocasiones puede llegar a presentar una coloración roja verde o púrpura en el extremo superior.

2.2.2. Tallo

Espinoza y Diana (2009), mencionan que el tallo es la parte fundamental de la hortaliza es de color blanco - semiverdoso y presenta un aspecto muy brillante, grueso en la parte de la raíz y se va adelgazando conforme las hojas van adquiriendo posesión de la hortaliza.

2.2.3. Hoja

Las hojas se muestran hendidas, de pequeña proporción y con peciolos largos, son de 7 a 12 cm de ancho, estos usualmente de color verde claro, delgado y presentan vellosidades en toda la hoja, también las hojas de la base y las de la parte superiores son dentadas; las primeras, lobuladas las hojas, al principio, crecen erectas y separadas, después se forma el acogollamiento y finalmente una pella prieta (Castillo, 2021).

2.2.4. Flor

La inflorescencia es un hongo amanita con 15 - 20 flores amarillas, de unos cuatro pétalos. De 1 cm de largo, los pétalos centrales están abiertos y las flores más cortas están dispuestas en inflorescencias. Silicuas, de 5 - 10 cm de largo, con una fila de semillas en cada celda, la superficie mayor es de 3 cm, lineales, sin semillas, esféricas, de color marrón oscuro (Blanco, 2018).

2.3. Requerimientos edafoclimáticos

2.3.1. Temperatura

Esta planta soporta bien las bajas temperaturas, siendo su temperatura óptima para el crecimiento entre 15 °C y 18 °C, y mostrando una ligera resistencia a las heladas. Requiere un clima moderado, húmedo y fresco para prosperar. Es especialmente adecuado para climas fríos, donde prefiere condiciones frescas y húmedas, siendo resistente a las heladas y necesitando temperaturas inferiores a 10 °C para la germinación de las semillas (Muñoz, 2024)

2.3.2. Suelo

Según Chong-Qhi (2019), el cultivo del nabo prospera mejor en suelos franco-arenosos, ligeros, húmedos y bien drenados, ya que los suelos pesados pueden obstaculizar el crecimiento y desarrollo del sistema radicular. El rango de pH ideal para este cultivo se sitúa entre 6 y 7, aunque puede tolerar suelos ácidos con un pH de 4,2 a 7,8. Es beneficioso contar con suelos ricos en materia orgánica para un óptimo crecimiento, aunque el nabo es ligeramente tolerante a la salinidad del suelo. La precipitación anual ideal oscila entre 350 y 4100 mm.

2.4. Manejo agronómico del cultivo

2.4.1. Preparación del suelo

El cultivo de nabo requiere una preparación adecuada del suelo, que incluye un arado profundo y la incorporación de materia orgánica como compost o estiércol bien descompuesto (Quiña, 2023).

Asimismo, Choquemiza y Quispe (2008), mencionan que consiste en utilizar la picota, azadón, chonta y pala para remover el suelo a una profundidad de 20 a 30 cm, para permitir que el suelo tenga buena oxigenación, circulación de agua además de un abonado uniforme.

2.4.2. Siembra

La siembra se realiza en dos épocas del año: a finales de verano y en primavera, a una profundidad de 0,5 a 1,5 cm (ECHOcommunity, 2023).

Estrada (s. f), acota que la siembra es directa y se realiza a 1 cm de profundidad (tres veces su tamaño). Puede ser realizada en hoyitos colocando dos o tres semillas por golpe o a chorro continuo en surco.

2.4.3. Densidad de siembra

Huallpa (2010) menciona que la siembra directa se debe de realizar de forma manual empleando el método por golpe colocando 4 semillas por golpe a una profundidad de 1 - 2 cm. obteniendo una densidad (distancia entre surco 0,25 m y distancia entre plantas de 0,15 m).

2.5. Labores culturales

2.5.1. Raleo

La afirmación que el aclareo se realiza cuando las plantas han emergido, el aclareo se realiza a una distancia de entre 10 y 20 cm por encima de los surcos, dependiendo del desarrollo del cultivar utilizado es exacta (Aquino, 2010).

2.5.2. Desmalezado

Según Choudhary *et al.* (2020), la maleza es una planta que crece en forma espontánea y compite con las plantas de un cultivo: por los nutrientes, el agua, por la luz y espacio necesario para los cultivos, además sirven de hospedero para la proliferación de patógenos e insectos dañinos afectando en el rendimiento de la calidad de los cultivos y causando perdida.

2.5.3. Aporque

Quiña (2023), define que el aporque es una acumulación de la masa de tierra mullida, realizado para algunos cultivos, y cumple diversas finalidades como ser: protección contra el frío en el invierno, aumenta la resistencia al encamado y favorece el desarrollo órganos subterráneos.

2.5.4. Riego

López *et al.* (2018) recomiendan riego por goteo para optimizar el uso del agua y mantener una humedad constante en el suelo durante el desarrollo radicular del nabo.

Ramírez (2010) indica en el primer periodo vegetativo, todavía con temperaturas suaves y sin lluvias, el riego es necesario para lograr un crecimiento rápido y que la raíz se haga tierna sabrosa.

2.6. Cosecha

La cosecha se realizará dependiendo de la variedad, pero en promedio se debiese realizar en un periodo de dos a tres meses posterior a la siembra, aunque en época lluviosa suele postergarse un par de semanas más. Esta se realiza en forma manual extrayendo toda la planta y cuidando de no arrancar las hojas. Una vez recolectadas las plantas, pueden agruparse de a 4 a 6 unidades para luego amarrarlas en atados que luego serán lavados. Si se recolectan tarde, las raíces se vuelven fibrosas y duras (Castillo, 2021). Es de rápido desarrollo tomando bajo condiciones ideales de 40 a 60 días, y que el tamaño apropiado para cosechar es entre 5 a 8 cm de diámetro, variando con el cultivar.

2.7. Rendimiento

Singh *et al.* (2021) reportaron rendimientos de 30 - 45 t/ha en condiciones óptimas de manejo orgánico, variando según la variedad y condiciones ambientales.

2.8. Abono orgánico

Según Aquino (2010), cualquier fertilizante natural, que aporte abundante materia orgánica al suelo para mejorar sus propiedades químicas y/o físicas; aumentando la fertilidad y regenerando la estructura del suelo es apropiado.

Mamani (2018), indica que los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes; el suelo con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas.

2.8.1. Abono de bovino

Morales (2012), describe al estiércol de bovino como un fertilizante natural, su acción estimulante sobre el desarrollo de los microorganismos favorece el crecimiento vigoroso de las plantas, el estiércol de bovinos necesita pasar por algunos procedimientos para convertirse en abono orgánico como bovinaza.

2.8.2. Beneficio del uso del abono

Al modificar la flora microbiana beneficiosa y mejorar las propiedades físicas del suelo, el uso de abonos orgánicos también mejora las características del suelo, dándole mayor capacidad de retención de agua, elementos minerales nutritivos, así como favorece el crecimiento de las plantas y sus procesos vitales (Quiña, 2023).

Gomero, citado por Mamani (2019), sostiene que es muy recomendable incorporar abonos orgánicos al momento de preparar la tierra por las ventajas que lleva consigo:

- Constituye un almacén de nutrientes en nitrógeno, fosforo, potasio y micronutrientes, facilitando el aprovechamiento de las plantas.
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y aumenta el intercambio y la disponibilidad de nutrientes en el suelo para la planta.
- Facilita la formación de complejos arcillo - húmico que requieren los macro y micro - nutriente evitando su pérdida por lixiviación, de este modo aumenta su disponibilidad.
- Proporciona energía para los microorganismos en el suelo.
- Favorece una estructura de suelo, aumentando su resistencia a la erosión.
- Aumenta la capacidad de retención de agua especialmente en suelos arenosos.
- Aumento del efecto germinativo en semillas.
- En plantas mayor fructificación en calidad y tamaño.

2.8.3. Aplicación de abono de bovino en nabo

Según Mamani (2018), menciona que la incorporación de abono de bovino, fue realizado bajo la dosis de 2,5 kg/m², obteniendo así 36.500 kg/ha.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación geográfica

La presente investigación se efectuó en la comunidad de Collo Collo que está ubicada en el departamento de La Paz, provincia Los Andes del municipio de Laja, con unas coordenadas de 16° 35' 08" latitud Sur y 68° 34' 59" longitud Oeste a una elevación de 3861 m s. n. m. (Earth, 2023).

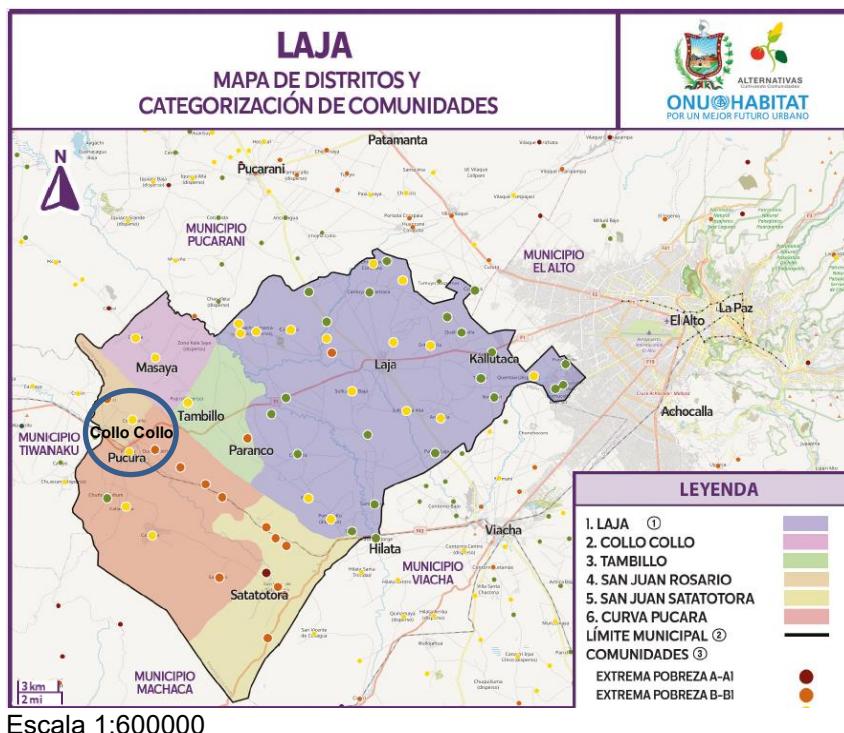


Figura 1. Ubicación del lugar de estudio (Terán et al., 2020)

3.1.2. Características edafoclimáticas

3.1.2.1. Clima

La temperatura promedio anual es de 8,4 °C, con un promedio máximo de 15,7 °C. y un promedio mínimo de -2,8 °C. La zona presenta una precipitación promedio anual de 667 mm, un promedio de precipitación máxima anual de 911 mm y el promedio mínimo de 404 mm (Serrano, 2012).

3.1.2.2. Suelo

La región presenta la siguiente conformación: franco-arcillosos (39%), franco arenoso (23%) y franco (15%). Esto implica que son suelos sensibles a la erosión tanto hídrica como eólica, con poca capacidad de retención de humedad. Son superficiales, cuya capa arable varía entre 10 a 20 cm, lo que dificulta el normal desarrollo de los cultivos (Serrano, 2012).

3.1.2.3. Flora

Las especies que predominan son principalmente de las familias Poaceae y Cupresáceae, especies nativas: icho (*Stipa ichu*), cebadilla (*Bromus unioloides*), kiswara (*Buddleia incana*), añahuaya (*Adesmia mirafloreneis*), kaiña kiska (*Tetraglochin cristatum*), keñua (*Polylepis incarum*), e introducidas: ciprés (*Cupressus* sp) y pino (*Pinus radiata*) (Serrano, 2012).

3.2. Materiales

3.2.1. Material de estudio

El material vegetal que se utilizó para el estudio son las siguientes variedades:

- **Cuello Violeta Globo Blanco:** se caracteriza por su raíz redonda o esférica, de color blanco con la parte superior (cuello) de un intenso color violeta o morado, hojas medianas y buena textura; dimensión de 17,60 cm de largo 5,83 cm de diámetro, 180 g de peso de raíces y un rendimiento de raíz de 22,09 t/ha. Su ciclo agrícola dura 94 días.
- **Purple Top White Globe:** presenta una raíz globular, de cuello morada pálida y globo blanco, follaje verde claro de porte tendido; dimensión de 17,45 cm de largo, 6,15 cm de diámetro, 107,92 g de peso de raíces y un rendimiento de raíz de 26,39 t/ha. Variedad muy difundida en nuestro medio. Con un ciclo agrícola de 94 días.
- **Pera Colo Roxo:** variedad medianamente tolerante a la helada. Presenta una raíz globular, de cuello rojo y globo blanco, follaje verde claro de porte tendido; dimensión 17,15 cm de largo, 5,73 cm de diámetro, 86,96 g de peso de raíces y con un rendimiento de raíz de 18,39 t/ha. Su ciclo agrícola dura 94 días.

3.2.2. Material de gabinete

- Cuaderno de registro
- Bolígrafo
- Hoja bond
- Marcador
- Laptop
- Impresora
- Software Microsoft Word
- Software Microsoft Excel
- Software EndNote
- Software InfoStat
- Calculadora

3.2.3. Material de campo

- Navegador GPS
- Picota
- Pala
- Chonta
- Rastrillo
- Valde de agua
- Tanque de agua de 900 L
- Tubo de polietileno
- Cinta de goteo
- Conectores
- Tapones
- Llave de paso
- Cinta métrica
- Lienza
- Estacas de madera
- Marbetes
- Letreros
- Cinta de agua
- Regla metálica
- Romana digital
- Balanza
- Vernier
- Bolsas herméticas
- Cámara fotográfica

3.3. Metodología

3.3.1. Procedimiento experimental

3.3.1.1. Análisis físico-químico de suelo

Para el análisis físico-químico del suelo se tomaron 10 submuestras al azar de toda la parcela a una profundidad de 25 cm, posterior a eso se mezclaron en un yute todas las submuestras para formar una sola muestra, posterior a la mezcla se sacó una muestra representativa de 1 kg para su respectivo análisis en laboratorio, la muestra se llevó al laboratorio Puruma donde se observaron los datos correspondientes (Anexo 4).

3.3.1.2. Preparación del terreno

El estudio se realizó a campo abierto en una superficie total de 72 m², la preparación del terreno se realizó el 22 de diciembre de 2024, se efectuó de forma manual utilizando las herramientas pico, pala y rastrillo para mover la capa arable a una profundidad de 25 cm aproximadamente para el buen desarrollo de las raíces, posterior a eso se realizó el desterronado y desmalezado, por último, se ejecutó el nivelado del terreno (Anexo 7).

3.3.1.3. Trazado de unidades experimentales

Con la ayuda de una lienza, cinta métrica y estacas de madera se procedió a distribuir y delimitar todas las unidades experimentales conforme al croquis establecido en la investigación (Anexo 8), con las dimensiones correspondientes de 1 m x 2 m para cada tratamiento, también se delimitó los pasillos de 0,50 m para la separación de bloques acorde al croquis.

3.3.1.4. Incorporación de abono de bovino

Se realizó la aplicación de los niveles de abono bovino a cada unidad experimental, previo análisis en laboratorio Puruma para cuantificar los parámetros de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y materia orgánica (M. O.) (Anexo 5).

Para la incorporación del abono se procedió a pesar la dosis correspondiente para cada unidad experimental, los niveles de abono de bovino que se incorporó eran de 2,5 kg/m² y 5,0 kg/m² (Anexo 9), eso en base a lo que refiere Choquemiza y Quispe (2008), indican que se recomienda incorporar suficiente materia orgánica (guano desmenuzado) descompuesto de aproximadamente de 2,5 - 3,0 kg/m² proveniente de estiércol de bovino, este producto permitirá mejorar la fertilidad del suelo.

La incorporación se realizó de forma manual distribuyendo de manera uniforme en cada unidad experimental y luego se mezcló con el suelo hasta homogenizarlo con pico y rastrillo.

3.3.1.5. Instalación de riego

En el estudio se implementó un sistema de riego por cinta de goteo para garantizar una distribución uniforme del agua en todas las unidades experimentales.

Cada tratamiento contó con una línea de cinta de goteo colocada a lo largo de los surcos, con emisores espaciados a 15 cm para adecuarse a la distancia entre plantas.

El sistema estuvo conectado a un tanque de agua de 900 L, donde se realizó un soporte con madera de 1,5 m de alto con un ancho de 1 m para colocar el tanque y tenga presión en el fluido del agua, el tanque se conectó a una tubería principal que distribuyó el agua a las cintas de goteo.

Para obtener el agua, se realizó un pozo en cercanías de la investigación y del tanque de agua para la facilidad del llenado de agua, el llenado de agua se realizó manualmente con la ayuda de un valde de 20 litros, la recarga se efectuó cada semana para garantizar la humedad en el suelo (Anexo 10).

3.3.1.6. Siembra

La siembra se hizo el 03 de enero de 2025 donde se sembró manualmente usando el método de siembra directa, se colocó 2 semillas en el suelo a una profundidad de 2 cm y a una distancia de 0,15 m entre plantas y 0,25 m entre surcos (Anexo 11), respetando caja tratamiento. Ahí en adelante y durante el desarrollo del cultivo se realizaron observaciones.

3.3.1.7. Marbete de plantas

Se realizó la identificación y señalización de 10 plantas al azar de cada tratamiento, para la toma de datos de número de hojas y altura de la planta, estos datos se registraron cada semana en un cuaderno de campo.

3.3.1.8. Labores culturales

En las labores culturales se realizó el raleo a la tercera semana de la siembra donde se presentaron sus hojas verdaderas, esto para limpiar la sobre población y la competencia de luz y nutrientes, así dejando una sola planta a la densidad de siembra requerida para la investigación.

Así mismo se realizó 2 veces el desmalezado en todo el ciclo de producción del cultivo, el 1er desmalezado se realizó en fecha 16 de febrero de 2025 y 2da en fecha 08 de marzo de 2025, esta labor se realizó para que las malezas no compitan de luz y nutriente con las plantas de nabo y que tenga un buen desarrollo del cultivo.

También se efectuó el aporque en fecha 16 de marzo de 2025, esta labor se realizó con el fin de cubrir la raíz y que tenga un mejor desarrollo, que proporcione estabilidad a la planta, controlar malezas y conservar la humedad del suelo (Anexo 12).

3.3.1.9. Cosecha

La cosecha del nabo se realizó el 5 de abril de 2025 donde pasaron 93 días desde la siembra del cultivo, donde alcanzo la madurez fisiológica adecuada para el consumo, para realizar la cosecha se utilizó una chonta para extraer los nabos del suelo, teniendo cuidado de no mezclar y respetar cada bloque y tratamiento (Anexo 13).

Después de la labor de cosechar se tomaron datos de 10 muestras de cada unidad experimental con la ayuda de un calibrador metálico, se midieron el diámetro y longitud de raíz comercial (comestible) y por último se hizo el lavado de los nabos y se efectuó el pesaje total de nabo comercial de cada uno de los tratamientos o unidades experimentales para datos del rendimiento, el pesaje se realizó con una romana digital (Anexo 14-15-16-17).

3.3.2. Diseño experimental

El presente estudio se efectuó bajo un Diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, con tres repeticiones, Por lo que el modelo lineal aditivo según Ochoa, citado por Condori (2016), es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \varepsilon_{ik} + \gamma_j + \alpha\gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

- Y_{ijk} = Una observación cualquiera de la variable de respuesta
- μ = Media poblacional
- β_k = Efecto del k-ésima bloque.
- α_i = Efecto del i-ésima Niveles de abono.
- ε_{ik} = Error de la parcela grande ($E\alpha$)
- γ_j = Efecto de la j-ésima Variedades.
- $\alpha\gamma_{ij}$ = Efecto de la interacción A x B.
- ε_{ijk} = Error experimental

3.3.3. Factores de estudio

Factor A: Niveles de abono

- a1 = Testigo (sin abono) 0,0 kg/m²
- a2 = Abono de bovino 2,5 kg/m²
- a3 = Abono de bovino 5,0 kg/m²

Factor B: Variedad de nabo

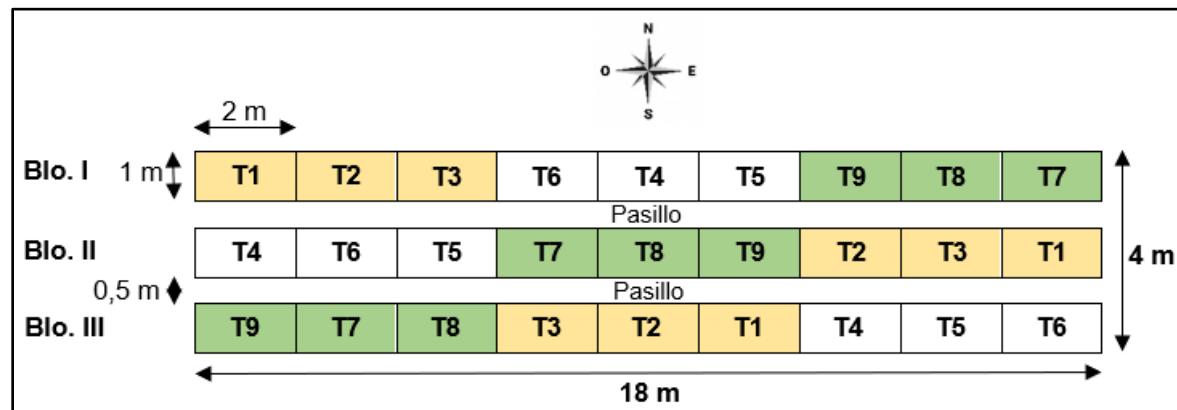
- b1 = Cuello Violeta Globo Blanco
- b2 = Purple Top White Globe
- b3 = Pera Colo Roxo

3.3.3.1. Formulación de tratamientos

Se formula los siguientes tratamientos:

- | | | | |
|----------------|---|-------------------------------|---|
| T ₁ | = | a ₁ b ₁ | (Testigo (sin abono) 0,0 kg/m ² x Cuello Violeta Globo Blanco) |
| T ₂ | = | a ₁ b ₂ | (Testigo (sin abono) 0,0 kg/m ² x Purple Top White Globe) |
| T ₃ | = | a ₁ b ₃ | (Testigo (sin abono) 0,0 kg/m ² x Pera Colo Roxo) |
| T ₄ | = | a ₂ b ₁ | (Abono de bovino 2,5 kg/m ² x Cuello Violeta Globo Blanco) |
| T ₅ | = | a ₂ b ₂ | (Abono de bovino 2,5 kg/m ² x Purple Top White Globe) |
| T ₆ | = | a ₂ b ₃ | (Abono de bovino 2,5 kg/m ² x Pera Colo Roxo) |
| T ₇ | = | a ₃ b ₁ | (Abono de bovino 5,0 kg/m ² x Cuello Violeta Globo Blanco) |
| T ₈ | = | a ₃ b ₂ | (Abono de bovino 5,0 kg/m ² x Purple Top White Globe) |
| T ₉ | = | a ₃ b ₃ | (Abono de bovino 5,0 kg/m ² x Pera Colo Roxo) |

3.3.4. Croquis del experimento



Escala 1:150

Figura 2. Croquis experimental del terreno a campo abierto

3.3.5. Variables de respuesta

3.3.5.1. Número de hojas

Se realizó el conteo de las hojas del cultivo de forma manual, estos datos se tomaron a la tercera semana después de la siembra donde se mostraron las hojas verdaderas de ahí en adelante se tomaron datos de cada semana hasta el día de la cosecha.

3.3.5.2. Altura de la planta

La altura de la planta se midió desde el cuello o nudo vital de la planta hasta el ápice de la hoja superior, estos datos se tomaron a la tercera semana después de la siembra donde se mostraron las hojas verdaderas de ahí en adelante se tomaron datos cada semana hasta la llegada de la cosecha, para la medición de la altura se realizó con una regla metálica.

3.3.5.3. Diámetro de la raíz

El diámetro de raíz se midió en la sección central más abultada de la raíz con la ayuda de un calibrador (vernier), la toma de datos se realizó de 10 muestras de cada tratamiento una vez realizado la cosecha del nabo

3.3.5.4. Longitud de la raíz

Esta labor se realizó después de la cosecha donde se tomaron datos de 10 muestras de nabo al azar de cada tratamiento, los datos se tomaron con el apoyo de vernier, la medición se realizó solo de la parte comercial del nabo.

3.3.5.5. Rendimiento

Para cuantificar el rendimiento se procedió a realizar el lavado de los nabos respetando cada tratamiento, posterior a esa labor se procedió a evaluar la totalidad de los nabos de cada una de las unidades experimentales, que equivale a una superficie de 2 m², los datos de peso se lograron obtener mediante la utilización de una bolsa negra y con la presencia de una romana digital, posterior a la obtención de datos en kg/2m² se procedió a expresarlas, realizando la conversión a t/ha.

3.3.6. Análisis económico

El desglose y deducción de las fórmulas para la evaluación económica, descrito por Paredes, citado por Mamani (2019), son las siguientes:

- **Ingreso bruto (IB):**

También llamado ingreso total (IT), resulta de multiplicar la producción total (qt) por el precio del producto unitario (pq).

$$IB = IT = qt * pq$$

- **Ingreso Neto (IN):**

También llamado utilidades, ganancias, etc. Resulta de la diferencia existente entre el ingreso bruto (IB) y costos totales (CT) de producción:

$$IN = IB - CT$$

- **Relación beneficio costo (RBC):**

Se define como el indicador de la pérdida o ganancia bruta por unidad monetaria invertida, se estima diviendo el ingreso bruto (IB) entre el costo total (CT). Si la relación es mayor que uno se considera que existe un apropiado beneficio, si es igual a uno los beneficios son iguales a los costos de producción y la actividad no es rentable, valores menores que uno indica pérdida y la actividad no es productiva.

$$RBC = IB/CT$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables climáticas

4.1.1. Temperatura

Para comprender las condiciones ambientales durante el período experimental, se recopilaron datos de temperatura de la estación meteorológica más cercana al lugar de la investigación, a través de la base de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI (2025), de Bolivia.

La investigación se desarrolló entre el 3 de enero de 2025 al 5 de abril de 2025. Durante este período, los datos registrados de temperatura por SENAMHI (2025) durante el ciclo productivo del cultivo de nabo se presenta en la Figura 3.

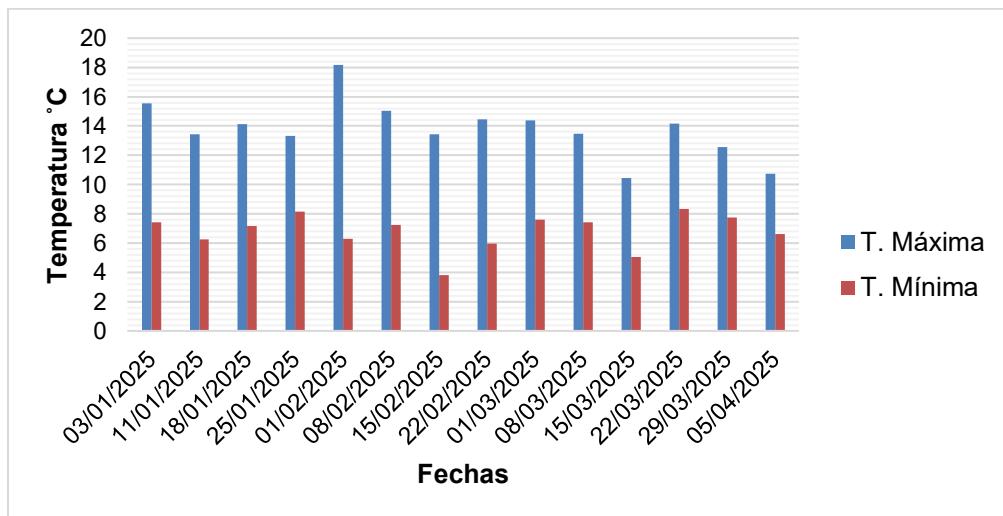


Figura 3. Temperaturas registradas durante el desarrollo del cultivo

Los datos de temperatura registrados por SENAMHI (2025) (Figura 3), revelaron las temperaturas máximas que oscilaron entre 10,43 °C y 18,17 °C, mientras que las temperaturas mínimas fluctuaron entre 3,81 °C y 8,33 °C.

Durante el ciclo de cultivo del nabo, se registraron temperaturas mínimas promedio de 6,8 °C y máximas de 13,8 °C (Cuadro 1). Estas condiciones térmicas son consideradas óptimas para el desarrollo del nabo, ya que este cultivo presenta buena tolerancia a climas templados y fríos. Según Muñoz (2024), el rango ideal de temperatura para el crecimiento

del nabo se sitúa entre 10 °C y 18 °C, lo que indica que las condiciones climáticas del área de estudio fueron adecuadas para el desarrollo vegetativo y radicular del cultivo.

Cuadro 1. Temperatura promedio

| Temperatura | T. Promedio °C |
|-------------|----------------|
| T. Máxima | 13,8 |
| T. Mínima | 6,8 |

Fuente: Elaboración propia

La estabilidad térmica observada durante el ciclo permitió un crecimiento uniforme, sin presencia de estrés térmico que pudiera afectar la fisiología de la planta. Espinoza y Diana (2009) destacan que el nabo es una hortaliza de estación fría, capaz de resistir temperaturas cercanas a los 5 °C sin comprometer su rendimiento. Esta capacidad de adaptación se refleja en los resultados agronómicos obtenidos, donde las variedades evaluadas mostraron un desarrollo constante.

4.1.2. Precipitación

Los datos de precipitación se obtuvieron de SENAMHI (2025), de la estación más cercana al lugar de estudio donde la precipitación registrada durante el experimento fue de 231,9 mm (Figura 4) la precipitación fue moderada y distribuida de manera relativamente irregular. Esta condición hídrica es fundamental para el cultivo de nabo, ya que su sistema radicular requiere humedad constante para un desarrollo óptimo. Chong-Qhi (2019) indica que el cultivo de nabo requiere una precipitación de 350 mm, lo cual es adecuado para el buen desarrollo del cultivo.

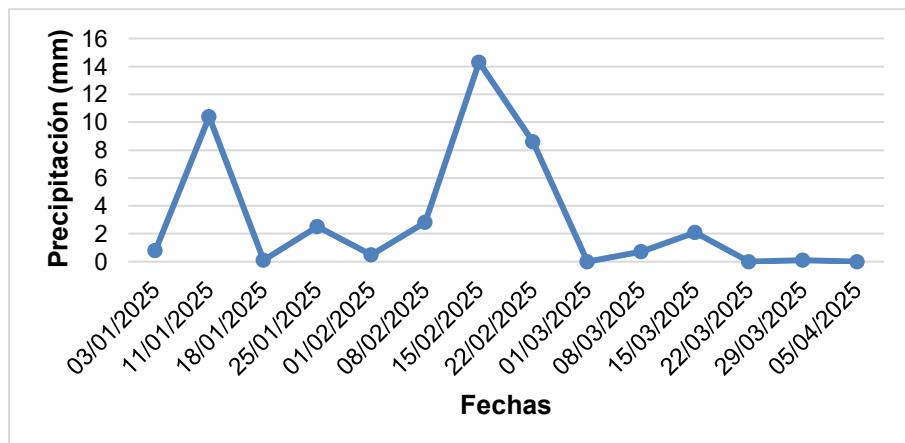


Figura 4. Precipitaciones registradas durante el desarrollo del cultivo

El desarrollo fenológico del cultivo de nabo estuvo influenciado por la distribución irregular de las precipitaciones registradas durante el periodo experimental. Las lluvias de la primera quincena de enero donde la precipitación más alta fue de 10,4 mm que se registró el 11 de enero de 2025, contribuyeron a una buena germinación y emergencia de las plántulas, mientras que las precipitaciones de la segunda quincena de febrero donde las precipitaciones más altas se registraron en fechas 15 y 22 de febrero de 2025 con precipitación de 14,3 y 8,6 mm, favorecieron el establecimiento y crecimiento vegetativo del cultivo. Durante los meses de marzo y abril se presentaron días sin precipitación, coincidiendo con la etapa de engrosamiento y maduración de la raíz (Figura 4), sin embargo, la disponibilidad hídrica se mantuvo constante gracias al funcionamiento continuo del sistema de riego por cinta de goteo desde el inicio hasta la finalización de la investigación. Esto permitió evitar el estrés hídrico y asegurar un desarrollo uniforme, garantizando la formación y calidad final de las raíces.

La disponibilidad de agua, complementada con el sistema de riego por goteo, permitió mantener una humedad edáfica constante, evitando problemas de compactación o deficiencia hídrica. Según Pascual (2015), el riego por goteo mejora la eficiencia del uso del agua y favorece el crecimiento radicular en cultivos hortícolas. En este estudio, dicha técnica pudo haber contribuido a los buenos resultados en variables como diámetro y longitud de raíz, especialmente en los tratamientos sin abono, donde la disponibilidad de nutrientes dependía más de la actividad biológica del suelo que de la fertilización directa.

4.2. Variables agronómicas

4.2.1. Número de hojas

En el número de hojas de acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis de varianza (ANOVA) (Cuadro 2) a un nivel de significancia del 5% refiere que no existe diferencias significativas en cuanto a niveles de abono bovino, también no se presenta diferencias significativas entre la interacción Niveles por Variedad, pero si existen diferencias altamente significativas entre variedades de nabo Cuello Violeta Globo Blanco, Purple Top White Globe y Pera Colo Roxo. El coeficiente de variación (CV) obtenido, de un 4,52%, demuestra la confiabilidad de los datos.

Cuadro 2. Análisis de varianza para número de hojas

| FV | SC | GL | CM | F | Pr > F | Sig. |
|--------------------|-------|----|------|-------|--------|------|
| Bloque | 3,09 | 2 | 1,54 | 3,47 | 0,1336 | NS |
| Niveles | 5,14 | 2 | 2,57 | 5,78 | 0,0661 | NS |
| Ea | 1,78 | 4 | 0,44 | | | |
| Variedades | 10,81 | 2 | 5,40 | 14,64 | 0,0006 | ** |
| Niveles*Variedades | 2,09 | 4 | 0,52 | 1,41 | 0,2877 | NS |
| Error | 4,43 | 12 | 0,37 | | | |
| Total | 27,33 | 26 | | | | |
| CV (%) | 4,52 | | | | | |

NS = No significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo

Mediante la prueba de medias de Duncan (Cuadro 3) para número de hojas se puede observar que la variedad Cuello Violeta Globo Blanco obtuvo el promedio más alto con 13,98 cm, posterior a eso estaría la variedad Purple Top White Globe con un promedio alcanzado de 13,80 cm, en cuanto a estas dos variedades no se presenta diferencias significativas, pero sin embargo si hay diferencias con la variedad Pera Colo Roxo que obtuvo un promedio de 12,56 cm que se considera el más bajo.

Cuadro 3. Análisis comparativo Duncan de número de hojas para variedades

| Variedad | Promedio (cm) | Duncan ($\alpha = 5\%$) |
|-----------------------------|---------------|---------------------------|
| Cuello Violeta Globo Blanco | 13,98 | A |
| Purple Top White Globe | 13,80 | A |
| Pera Colo Roxo | 12,56 | B |

Fuente: Elaboración propia

Respecto al efecto de las variedades (Factor B) Figura 5, los datos muestran que Cuello Violeta Globo Blanco se adaptó mejor al ambiente, expresando mayor número de hojas (13,98) que las demás variedades. Esto puede deberse a su mayor potencial genético para generar biomasa foliar y a su eficiencia en la fotosíntesis, lo cual concuerda con lo señalado por Castillo (2021), quien afirma que el número de hojas en nabos está determinado principalmente por factores genéticos. Espinoza y Diana (2009), mencionan que un mayor número de hojas incrementa la superficie fotosintética disponible, lo que asegura mayor disponibilidad de azúcares y nutrientes para sostener el crecimiento de la raíz. Así mismo Vasquez (2021), en un estudio que realizó con la aplicación de biol en Patacamaya obtuvo 12 a 14 hojas, resultados que son similares a la investigación.

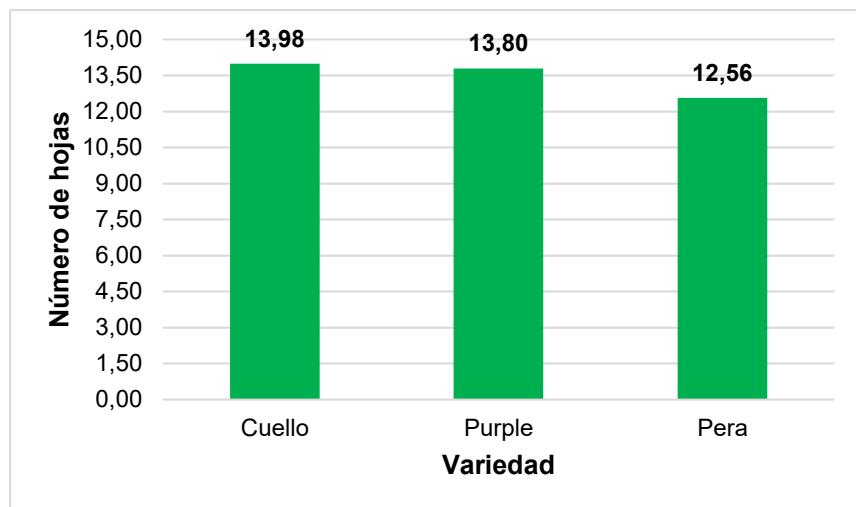


Figura 5. Número de hojas para variedad

En relación con el efecto de los niveles de abono (Factor A), aunque no se registraron diferencias estadísticas, la Figura 6 evidencia que las dosis de 2,5 y 5,0 kg/m² de abono bovino no incrementaron significativamente el número de hojas en comparación con el testigo (0,0 kg/m²). Esto sugiere que, en las condiciones edafoclimáticas de la comunidad de Collo Collo, la fertilización orgánica con estiércol bovino no ejerció un efecto directo sobre la emisión de hojas. Resultados similares fueron reportados por Mamani (2018), quien menciona que en crucíferas, durante las fases iniciales de desarrollo, la planta prioriza el crecimiento y expansión de la raíz sobre la formación foliar, lo que limita la respuesta inmediata al abono orgánico.

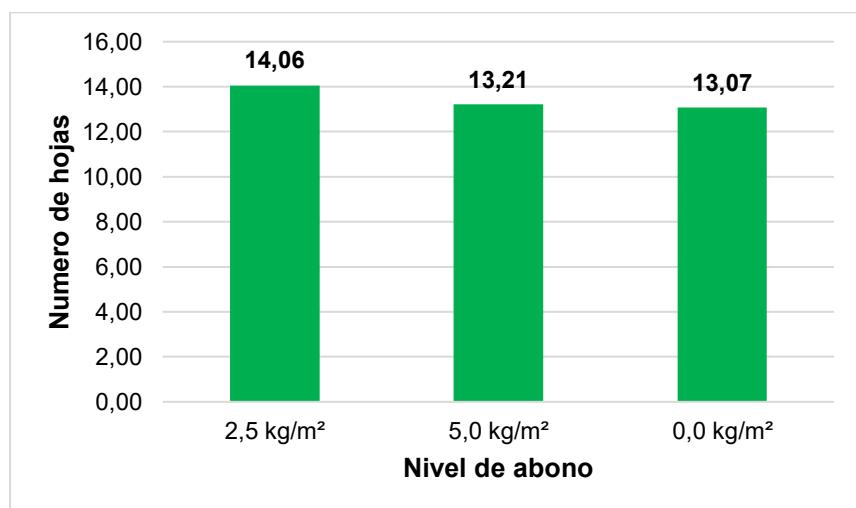


Figura 6. Número de hojas para niveles de abono

En cuanto a la interacción (Figura 7) nivel de abono por variedad (Factor A \times Factor B), aunque no se observaron diferencias estadísticas significativas, la gráfica de interacción permite notar una tendencia en la que Cuello Violeta Globo Blanco mantuvo un número de hojas superior en todos los niveles de abono, incluso en ausencia de fertilización. Esto sugiere que esta variedad presenta alta adaptabilidad y eficiencia en el aprovechamiento de los recursos del suelo, característica que resulta estratégica para zonas del altiplano donde la disponibilidad de nutrientes es limitada. Singh *et al.* (2021) también reportaron que ciertos genotipos de nabo mantienen un desempeño agronómico aceptable en suelos de baja fertilidad, confirmando que la respuesta al abono orgánico depende en gran medida del potencial genético de la variedad. Espinoza y Diana (2009) señalan que la fertilización orgánica no siempre incrementa el follaje en etapas iniciales, lo que explica la falta de diferencias entre tratamientos con abono. Por otro lado, Condori (2016) observó un comportamiento similar en su estudio, donde las variedades de nabo mostraron mayor variabilidad en el número de hojas que los tratamientos con abono.

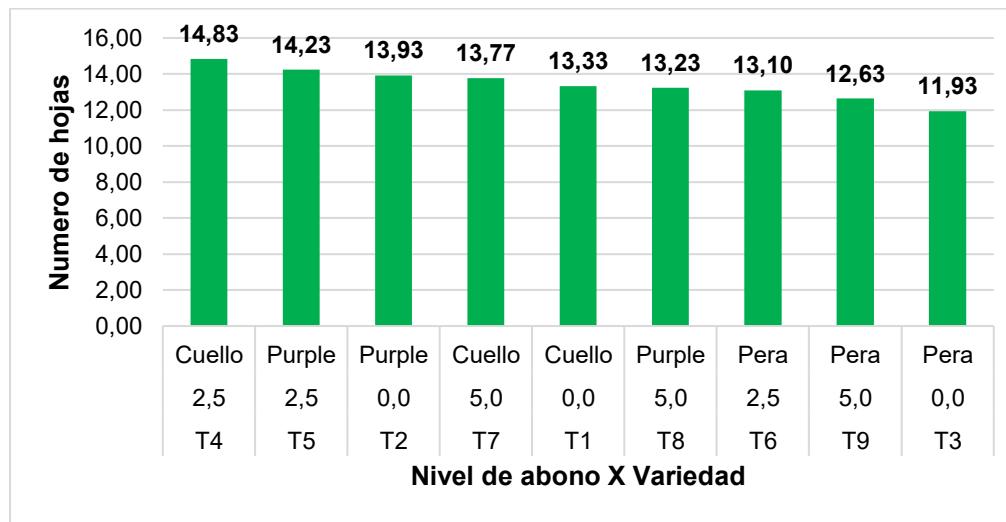


Figura 7. Interacción nivel y variedad para número de hojas

Los resultados evidencian que la variable número de hojas está influenciada principalmente por el factor genético, y no tanto por los niveles de abono bovino aplicados. La variedad Cuello Violeta Globo Blanco se perfila como la más eficiente en términos de producción foliar, lo que constituye una ventaja agronómica al contar con mayor capacidad fotosintética y en consecuencia, con mayor potencial de rendimiento en la comunidad de Collo Collo.

4.2.1.1. Curva de crecimiento de número de hojas

En la Figura 8 se presenta la curva de crecimiento de número de hojas con relación a las fechas de toma de datos, que indica, que la primera medición en fecha 25 de enero de 2025 hasta la fecha 08 de marzo de 2025 hubo un incremento de hojas acelerado en todos los tratamientos haciendo referencia al T4 (2,5 kg/m² - Cuello Violeta Globo Blanco) con mayor número de hojas y con menor número de hojas por debajo de los demás tratamientos estaría el T3 (0,0 kg/m² - Pera Colo Roxo), desde la fecha 08 de marzo de 2025 hasta 05 de abril de 2025 donde fue la última toma de datos, se presenta un leve aumento y decaimiento de numero de hojas en los tratamientos de estudio, manteniéndose el T4 (2,5 kg/m² - Cuello Violeta Globo Blanco) sigue siendo el que obtuvo más hojas y T3 (0,0 kg/m² - Pera Colo Roxo) el que menos hojas presento ante los demás tratamientos.

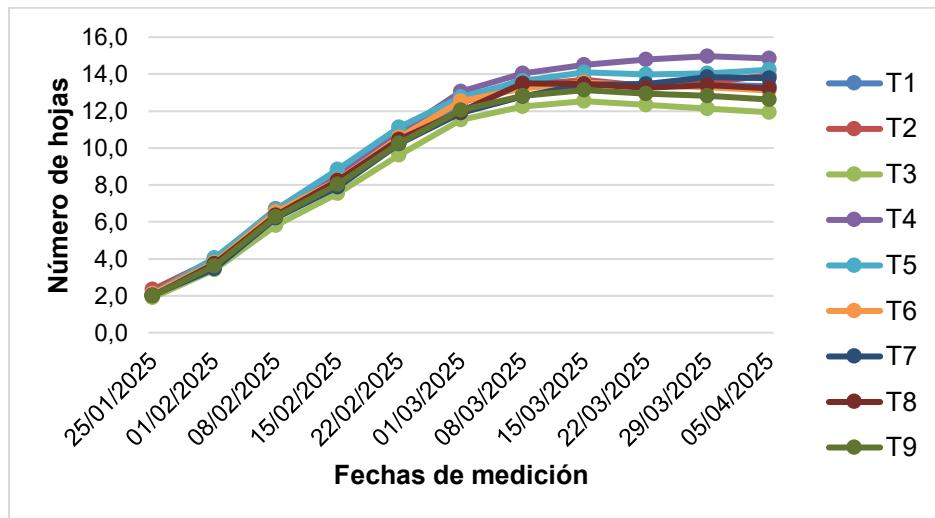


Figura 8. Curva de crecimiento de número de hojas

4.2.2. Altura de planta

El análisis de varianza (Cuadro 4) evidenció que los niveles de abono bovino (Factor A) no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) sobre la altura de planta. En cambio, el factor variedad (Factor B) mostró diferencias significativas ($p<0,05$), lo que indica que el crecimiento en altura estuvo influenciado principalmente por el componente genético de cada variedad. La interacción nivel de abono por variedad no resultó significativa ($p>0,05$), por lo que el efecto combinado de abono y variedad no tuvo un impacto estadístico en esta variable. El coeficiente de variación tiene un valor de 11,63% lo que indica que el trabajo experimental realizado es confiable y ha sido manejada adecuadamente.

Cuadro 4. Análisis de varianza para altura de planta

| FV | SC | GL | CM | F | Pr > F | Sig. |
|--------------------|--------|----|-------|------|--------|------|
| Bloque | 38,07 | 2 | 19,03 | 4,08 | 0,1083 | NS |
| Niveles | 10,60 | 2 | 5,30 | 1,14 | 0,4069 | NS |
| Ea | 18,67 | 4 | 4,67 | | | |
| Variedades | 153,02 | 2 | 76,51 | 6,17 | 0,0144 | * |
| Niveles*Variedades | 9,51 | 4 | 2,38 | 0,19 | 0,9382 | NS |
| Error | 148,89 | 12 | 12,41 | | | |
| Total | 378,76 | 26 | | | | |
| CV (%) | 11,63 | | | | | |

NS = No significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo

Como se puede ver en el Cuadro 5, el análisis de medias de Duncan muestra que, estadísticamente la variedad influye en la altura de la planta, la variedad Cuello Violeta Globo Blanco es el que mayor altura alcanzó con un promedio de 32,75 cm, seguidamente donde no se presenta mucha variación en altura de planta con la anterior variedad está la Purple Top White Globe que obtuvo un promedio de 31,04 cm, donde las dos variedades estadísticamente no presentan diferencias significativas, pero si existe diferencias significativas con la variedad Pera Colo Roxo quedando en último lugar con 27,07 cm en el que presento menor altura que las demás variedades.

Cuadro 5. Análisis comparativo Duncan de altura de planta para variedades

| Variedad | Promedio (cm) | Duncan ($\alpha = 5\%$) |
|-----------------------------|---------------|---------------------------|
| Cuello Violeta Globo Blanco | 32,75 | A |
| Purple Top White Globe | 31,04 | A |
| Pera Colo Roxo | 27,07 | B |

Fuente: Elaboración propia

Respecto al efecto de las variedades (Figura 9), la superioridad de Cuello Violeta Globo Blanco con 32,75 cm puede estar asociada a su eficiencia fisiológica en la captación y utilización de recursos bajo condiciones de altiplano. En este sentido Mamani (2018), indica que las variaciones en la altura de la planta son debido a los factores genéticos, así como los factores de la temperatura y clima que influye de distintas maneras en la expresión de esa variable, así mismo Vasquez (2021) menciona que la altura en nabos depende más de la variedad y las condiciones climáticas que de la disponibilidad de nutrientes. Esto respalda

los resultados de la investigación, donde las diferencias entre variedades fueron significativas, pero no así entre niveles de abono.

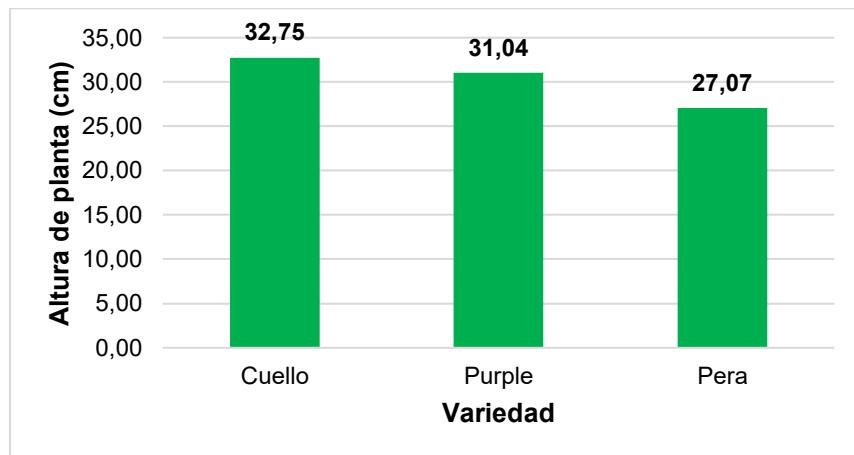


Figura 9. Altura de plantas para variedad

En relación con el efecto de los niveles de abono bovino, aunque no se encontraron diferencias estadísticas, la Figura 10 correspondiente muestra una tendencia ligera de incremento en la altura de planta con la dosis de $2,5 \text{ kg/m}^2$, mientras que con la dosis más alta ($5,0 \text{ kg/m}^2$) se observa una reducción respecto al testigo ($0,0 \text{ kg/m}^2$). Esto sugiere que altas cantidades de estiércol bovino pueden generar efectos adversos en el crecimiento inicial, posiblemente debido a una liberación excesiva de sales y nitrógeno, lo cual coincide con lo reportado por Condori (2016), quien advierte que la aplicación desmedida de abonos orgánicos puede alterar el equilibrio nutricional y afectar el desarrollo vegetativo de las plantas.

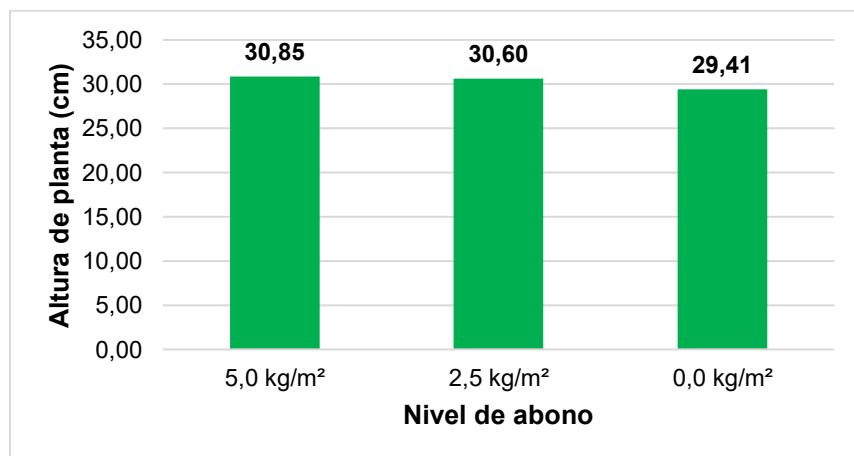


Figura 10. Altura de plantas para nivel de abono

En cuanto a la interacción nivel de abono con variedad (Figura 11), aunque no fue significativa, la gráfica de interacción muestra que la variedad Cuello Violeta Globo Blanco con 0,0 kg/m² tendió a mantener la mayor altura y en todos los niveles de abono, mientras que Pera Colo Roxo fue consistentemente la de menor altura. Esto confirma que la variedad de nabo es decisiva en el crecimiento de altura, independientemente de la fertilización orgánica, estos resultados concuerdan con Huallpa (2010) quien reportó alturas similares (30 - 35 cm) en nabos sin fertilización, lo que refuerza la idea de que el abono bovino no es determinante para esta variable. Adicionalmente, Pascual (2013) sugiere que dosis elevadas de abono orgánico pueden incluso inhibir el crecimiento vertical, lo que podría explicar por qué el tratamiento con 5,0 kg/m² no superó al 0,0 kg/m² (testigo).

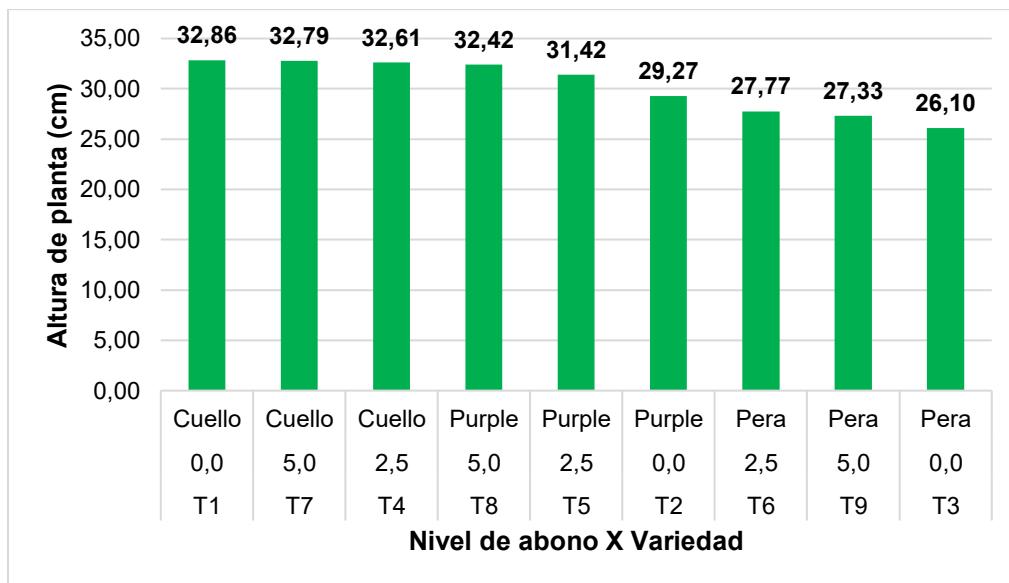


Figura 11. Interacción nivel y variedad para altura de planta

Finalmente, se puede interpretar que la altura de planta en nabo depende más del factor genético que de la fertilización orgánica aplicada, lo que resalta la importancia de seleccionar variedades adaptadas a condiciones de altiplano. La variedad Cuello Violeta Globo Blanco se consolida nuevamente como la más vigorosa, mostrando un porte superior y mayor potencial de intercepción lumínica, lo cual representa una ventaja para alcanzar mayores rendimientos bajo sistemas de producción diversificada en la comunidad de Collo Collo.

4.2.2.1. Curva de crecimiento de altura de planta

En la curva de crecimiento presentada en la Figura 12 se puede evidenciar que desde la primera medición (toma de datos) de las muestras seleccionadas al azar en fecha 25 de enero de 2025 hasta la medición en fecha 01 de marzo de 2025 se observa que en ese lapso de tiempo las plantas tuvieron un rápido y acelerado crecimiento en altura de planta, desde la fecha 01 de marzo de 2025 hasta la última medición en fecha 05 de abril de 2025 la planta muestra un leve crecimiento en todos los tratamientos haciendo referencia al T1 (0,0 kg/m² - Cuello Violeta Globo Blanco) donde obtiene mayor altura y T3 (0,0 kg/m² - Pera Colo Roxo) la que obtuvo menor altura de planta.

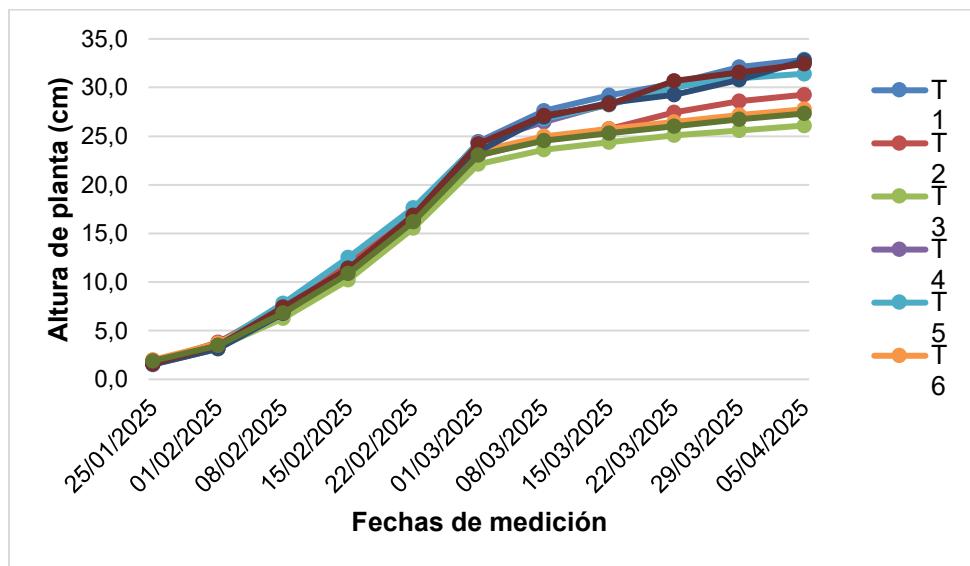


Figura 12. Curva de crecimiento de altura de planta

4.2.3. Diámetro de raíz

En el análisis de varianza (ANOVA) (Cuadro 6) para diámetro de raíz, menciona que no se tiene diferencias significativas entre bloques. No se tiene diferencias significativas entre niveles de abono 0,0, 2,5 y 5,0 kg/m² es decir que la aplicación de abono a diferentes niveles no será muy relevante en cuanto a diámetro de raíz. Se presenta diferencias significativas entre variedades de nabo, en cuanto a la interacción de niveles por variedades no se presentan diferencias significativas, lo que hace referencia es que los niveles aplicados no tienen ningún efecto en las variedades. El coeficiente de variación es de 4,44 % lo que indica que el experimento se manejo de manera adecuada y que la información obtenida es confiable.

Cuadro 6. Análisis de varianza para diámetro de raíz

| FV | SC | GL | CM | F | Pr > F | Sig. |
|--------------------|------|----|------|------|--------|------|
| Bloque | 1,02 | 2 | 0,51 | 1,92 | 0,2605 | NS |
| Niveles | 0,66 | 2 | 0,33 | 1,24 | 0,3803 | NS |
| Ea | 1,06 | 4 | 0,26 | | | |
| Variedades | 1,55 | 2 | 0,77 | 9,63 | 0,0032 | ** |
| Niveles*Variedades | 0,95 | 4 | 0,24 | 2,95 | 0,0653 | NS |
| Error | 0,96 | 12 | 0,08 | | | |
| Total | 6,19 | 26 | | | | |
| CV (%) | 4,44 | | | | | |

NS = No significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo

De acuerdo con la prueba de Duncan (Cuadro 7), la variedad Cuello Violeta Globo Blanco alcanzó el mayor diámetro promedio (6,72 cm), diferenciándose estadísticamente de Purple Top White Globe (5,84 cm) y Pera Colo Roxo (5,12 cm), donde estas variedades no presentaron diferencias significativas en diámetro de raíz.

Cuadro 7. Análisis comparativo Duncan de diámetro de raíz para variedades

| Variedad | Promedio | Duncan ($\alpha = 5\%$) |
|-----------------------------|----------|---------------------------|
| Cuello Violeta Globo Blanco | 6,72 | A |
| Purple Top White Globe | 6,24 | B |
| Pera Colo Roxo | 6,19 | B |

Fuente: Elaboración propia

En relación con las variedades (Factor B) Figura 13, el predominio de la variedad Cuello Violeta Globo Blanco ante las demás variedades, esto refleja su mayor eficiencia y tamaño en la acumulación de reservas en la raíz por la genética, lo que concuerda con lo mencionado por Mamani (2018), quien indica que existen variedades de nabo que presentan una notable capacidad de engrosamiento radicular debido a su potencial genético. Asimismo, estudio de Condori (2016), señala que las variaciones en el diámetro de raíz, se deben principalmente a la constitución genética, formas de raíces (esféricas, semi - larga y larga) de cada variedad y otros aspectos inherentes al ambiente. Siendo el diámetro de las raíces, al igual que la longitud de raíz los componentes importantes en el rendimiento de raíz por presentar una relación directa.

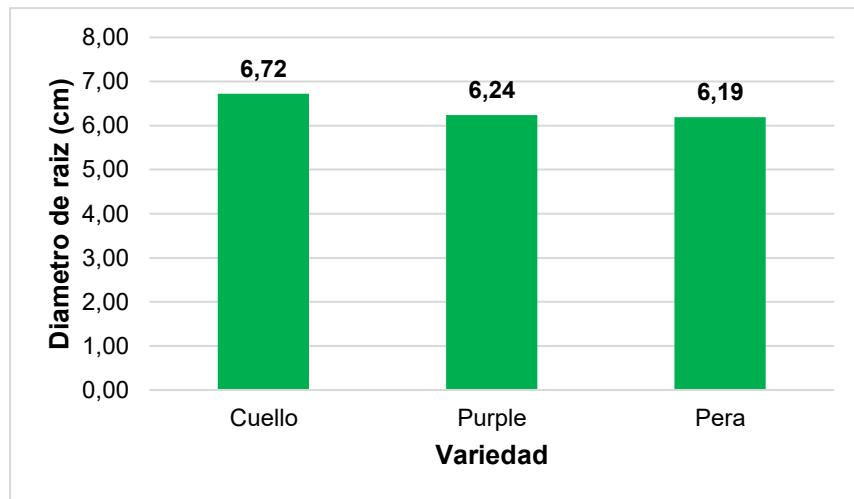


Figura 13. Diámetro de raíz para variedad

En cuanto a los niveles de abono bovino (Figura 14), la ausencia de diferencias significativas indica que la incorporación de estiércol no tuvo efecto directo en el engrosamiento radicular. Sin embargo, la gráfica correspondiente muestra una ligera tendencia a mayor diámetro con la dosis de 2,5 kg/m², mientras que la dosis más alta (5,0 kg/m²) no incrementó el tamaño radicular. Este comportamiento puede explicarse porque una excesiva concentración de nutrientes o sales provenientes del estiércol puede alterar la estructura física del suelo y limitar la expansión radicular. Condori (2016) señala que la incorporación de abono orgánico en dosis moderadas mejora las condiciones físicas y biológicas del suelo, favoreciendo el desarrollo radicular, mientras que cantidades elevadas pueden generar efectos negativos por compactación o desbalance nutricional.

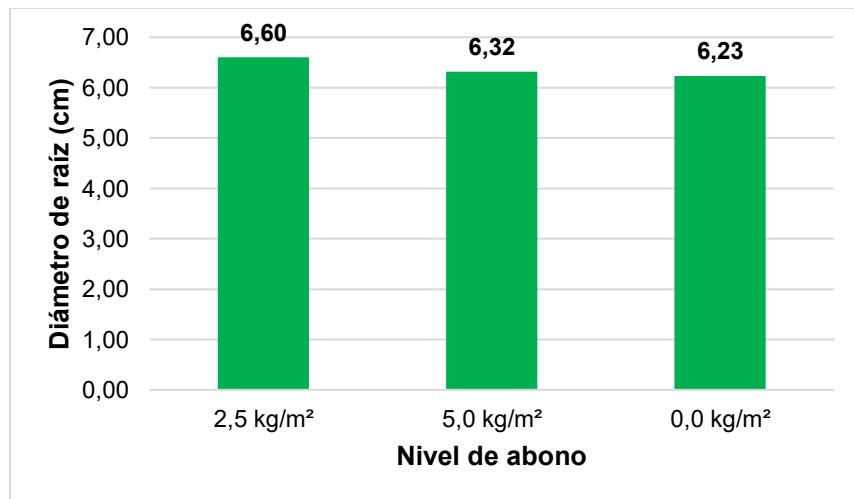


Figura 14. Diámetro de raíz para nivel de abono

Respecto a la interacción nivel de abono con variedad, aunque no fue significativa, la Figura 15 muestra que Cuello Violeta Globo Blanco mantuvo un mayor diámetro radicular en todos los niveles de abono llegando a un diámetro de 6,87 cm, confirmando su adaptabilidad y consistencia genética. En cambio, Pera Colo Roxo presentó los valores más bajos, independientemente de la dosis aplicada con su menor diámetro de 5,80 cm, lo que denota su menor capacidad de respuesta bajo las condiciones edafoclimáticas del Altiplano. Estos resultados concuerdan con Mamani (2018), quien encontró diámetros de 6,5 - 7,0 cm en nabos fertilizados con abono bovino, destacando la influencia de la variedad. Considera que diámetros mayores a 6 cm son óptimos para el mercado, lo que valora positivamente el desempeño de Cuello Violeta Globo Blanco.

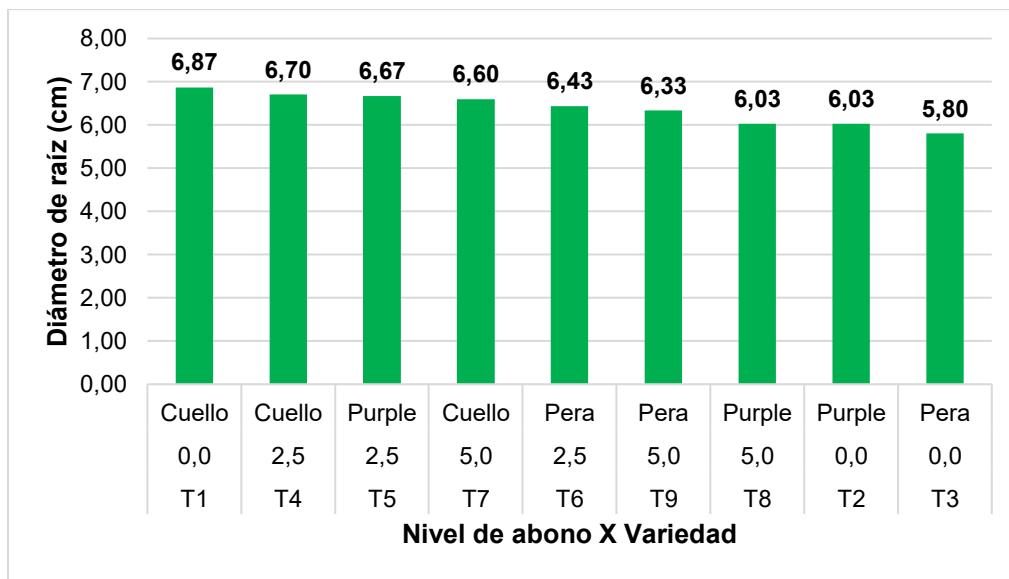


Figura 15. Interacción nivel y variedad para diámetro de raíz

En síntesis, los resultados evidencian que el diámetro de raíz es un carácter fuertemente influenciado por la variedad y que la fertilización orgánica con abono bovino, bajo las condiciones del presente estudio, no generó efectos estadísticamente significativos. La variedad Cuello Violeta Globo Blanco se destaca como la de mayor capacidad de acumulación radicular, constituyéndose en la opción más favorable para garantizar raíces de mayor tamaño y, por ende, mejor aceptación comercial y rendimiento productivo en la comunidad de Collo Collo.

4.2.4. Longitud de raíz

El análisis de varianza (Cuadro 8) mostró que los niveles de abono bovino (Factor A) no ejercieron diferencias significativas ($p>0,05$) sobre la longitud de raíz. En cambio, el factor variedades (Factor B) presentó diferencias altamente significativas ($p<0,01$), al igual que la interacción nivel de abono por variedad ($p<0,05$). Estos resultados evidencian que el desarrollo longitudinal de la raíz depende principalmente del componente genético y que, además, existe una respuesta diferencial de las variedades frente a los niveles de abono aplicados. El coeficiente de variación ($CV= 4,84\%$) indica una baja variabilidad en los datos, lo que sugiere que las mediciones fueron precisas y consistentes.

Cuadro 8. Análisis de varianza para longitud de raíz

| FV | SC | GL | CM | F | Pr > F | Sig. |
|--------------------|------|----|------|------|--------|------|
| Bloque | 0,33 | 2 | 0,16 | 1,06 | 0,4263 | NS |
| Niveles | 0,15 | 2 | 0,07 | 0,48 | 0,6483 | NS |
| Ea | 0,62 | 4 | 0,15 | | | |
| Variedades | 3,27 | 2 | 1,64 | 22,7 | 0,0001 | ** |
| Niveles*Variedades | 1,41 | 4 | 0,35 | 4,89 | 0,0142 | * |
| Error | 0,86 | 12 | 0,07 | | | |
| Total | 6,64 | 26 | | | | |
| CV (%) | 4,84 | | | | | |

NS = No significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo

Observando el Cuadro 9, medias de Duncan para longitud de raíz se observa que la variedad Cuello Violeta Globo Blanco obtuvo el promedio más elevado con 6,03 cm esta variedad de nabo tiene diferencias significativas con las demás variedades, también se observa que la variedad Pera Colo Roxo con 5,32 cm y Purple Top White Globe con 5,27 cm tienen medias casi similares por esa similitud de promedios que tienen ambas variedades no presentan diferencias significativas con respecto a longitud de raíz, pero son diferentes de la variedad Cuello Violeta Globo Blanco.

Cuadro 9. Análisis comparativo Duncan de longitud de raíz para variedades

| Variedad | Promedio | Duncan ($\alpha = 5\%$) |
|-----------------------------|----------|---------------------------|
| Cuello Violeta Globo Blanco | 6,03 | A |
| Pera Colo Roxo | 5,32 | B |
| Purple Top White Globe | 5,27 | B |

Respecto al efecto variedad (Figura 16) para longitud de raíz, la superioridad de Cuello Violeta Globo Blanco evidencia su mayor capacidad genética para desarrollar raíces más largas, lo cual constituye una ventaja fisiológica al incrementar la superficie de absorción de agua y nutrientes. Mamani (2018) resalta que las diferencias en variedad en crucíferas son determinantes en el comportamiento radicular, ya que no todas las variedades poseen el mismo potencial de elongación. Asimismo, Vasquez (2021), señala que la longitud depende de la variedad que varía entre una longitud de 5 a 15 centímetros, el cambio de la temperatura bajo cero y la humedad relativa inciden en la raíz. Estos datos se asemejan con los datos del presente estudio.

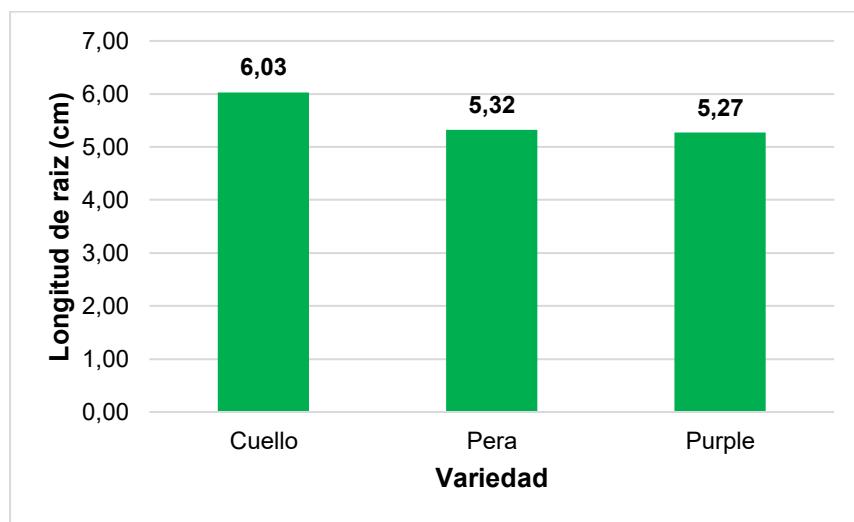


Figura 16. Longitud de raíz para variedad

En cuanto al efecto de los niveles de abono bovino Figura 17, los resultados indican que el incremento de dosis no favoreció el alargamiento radicular, ya que los valores obtenidos fueron estadísticamente similares. La Figura descriptiva muestra incluso que la mayor longitud se alcanzó en ausencia de abono ($0,0 \text{ kg/m}^2$). Este comportamiento puede explicarse porque, en condiciones de menor disponibilidad de nutrientes, la planta tiende a estimular el crecimiento longitudinal de la raíz en busca de recursos en el suelo, tal como señalan López *et al.* (2018), quienes afirman que la morfología radicular responde a la necesidad de exploración y adaptación a las condiciones edáficas.

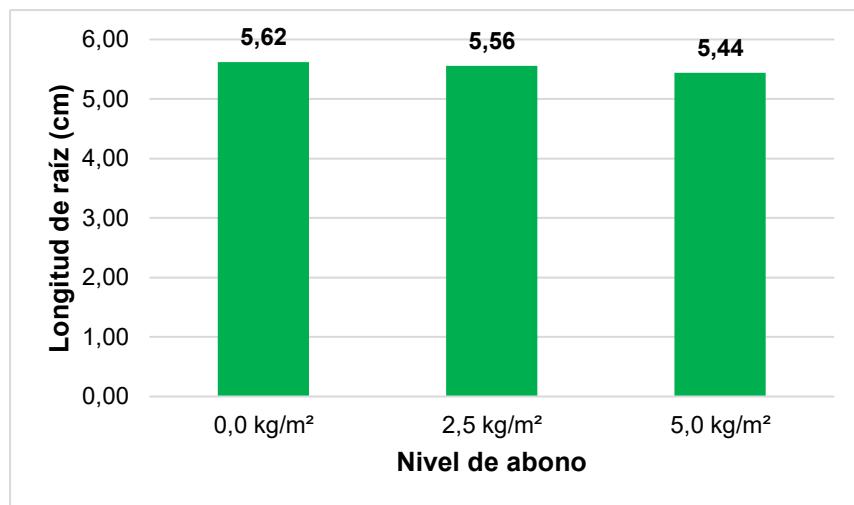


Figura 17. Longitud de raíz para nivel de abono

En la Cuadro 10 se muestra la prueba de medias de Duncan de la interacción de nivel de abono con variedad donde se evidencia que el tratamiento T1 (0,0 kg/m² de abono de bovino con la variedad Cuello Violeta Globo Blanco) registro la mayor longitud de raíz obteniendo un promedio de 6,45 cm donde presento diferencias significativas ante los demás tratamientos, así mismo se observa que T7 con un promedio de 5,88 cm y T4 con 5,77 cm mostrando resultados similares donde no se presentó diferencias significativas entre tratamientos, mientras que el tratamiento T3 (0,0 kg/m² de abono de bovino con la variedad Pera Colo Roxo) con 5,00 cm presento el promedio más bajo y siendo estadísticamente diferente de los demás tratamientos.

Cuadro 10. Análisis comparativo Duncan nivel x variedad para longitud de raíz

| Tratamiento | Nivel (kg/m ²) | Variedad | Promedio (cm) | Duncan ($\alpha = 5\%$) |
|-------------|----------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------------|
| T1 | 0,0 | Cuello Violeta Globo Blanco | 6,45 | A |
| T7 | 5,0 | Cuello Violeta Globo Blanco | 5,88 | B |
| T4 | 2,5 | Cuello Violeta Globo Blanco | 5,77 | B |
| T6 | 2,5 | Pera Colo Roxo | 5,53 | B C |
| T9 | 5,0 | Pera Colo Roxo | 5,43 | B C D |
| T2 | 0,0 | Purple Top White Globe | 5,42 | B C D |
| T5 | 2,5 | Purple Top White Globe | 5,37 | B C D |
| T8 | 5,0 | Purple Top White Globe | 5,02 | C D |
| T3 | 0,0 | Pera Colo Roxo | 5,00 | D |

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 18 se muestra la interacción de nivel de abono con variedad donde se evidenció que el comportamiento de variedad de nabo no fue homogéneo frente a los niveles de abono. El tratamiento T1 registró la mayor longitud de raíz obteniendo un promedio de 6,45 cm, mientras que el tratamiento T3 con 5,00 cm presentaron los valores más bajos en referencia a longitud de raíz. Mientras que Cuello Violeta Globo Blanco alcanzó los mayores valores sin aplicación de abono, Pera Colo Roxo redujo drásticamente su longitud radicular con la dosis de 5,0 kg/m². Este resultado sugiere que la incorporación excesiva de estiércol podría modificar las condiciones del suelo (aumento de densidad aparente o concentración de sales), limitando el crecimiento radicular en determinadas variedades. Condori (2016) indica que la aplicación de estiércol bovino en dosis elevadas puede ocasionar compactación superficial y alterar la aireación del suelo, lo cual repercute en el crecimiento de las raíces. Así mismo los resultados de la presente investigación concuerdan con lo reportado por Vasquez (2021), estudio que realizó con la aplicación de biol en Patacamaya donde obtuvo 5 a 9 cm de largo de raíz.

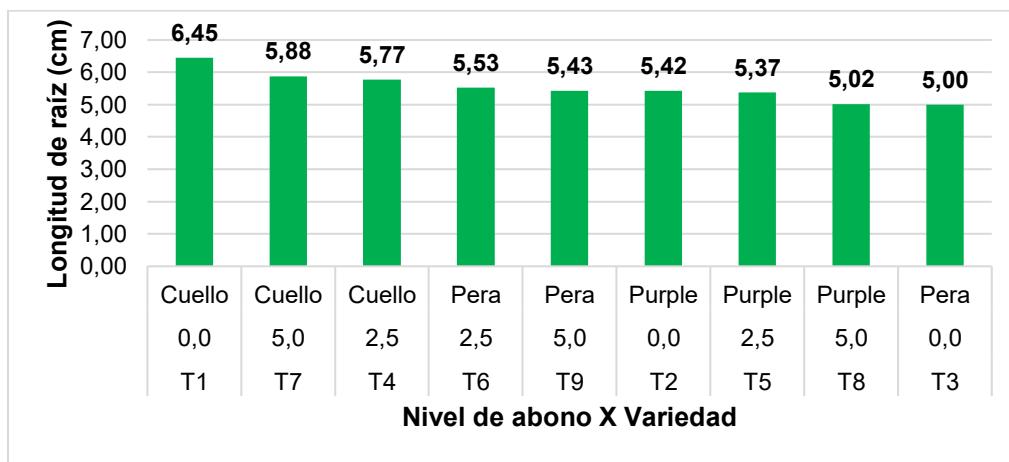


Figura 18. Interacción nivel y variedad para longitud de raíz

4.2.5. Rendimiento

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) (Cuadro 11) para el rendimiento muestra que se tiene diferencias significativas entre bloques por la cual el diseño experimental está bien planteada para la investigación, también nos menciana que no se tiene diferencias significativas entre niveles de abono (0,0, 2,5 y 5,0 km/m²) y variedades de nabo (Cuello Violeta Globo Blanco, Purple Top White Globe y Pera Colo Roxo), así también no se tiene diferencias significativas en la interacción entre niveles y variedades, eso indica que los

niveles de abono de bovino aplicados no tienen ningún efecto en las variedades en referencias al rendimiento. El coeficiente de variación tiene un valor de 11,77 % valor que indica que la investigación tiene un muy manejo experimental y los datos obtenidos son confiables.

Cuadro 11. Análisis de varianza para rendimiento

| FV | SC | GL | CM | F | Pr > F | Sig. |
|--------------------|--------|----|-------|-------|--------|------|
| Bloque | 179,04 | 2 | 89,52 | 16,74 | 0,0114 | * |
| Niveles | 7,81 | 2 | 3,91 | 0,73 | 0,5366 | NS |
| Ea | 21,39 | 4 | 5,35 | | | |
| Variedades | 69,89 | 2 | 34,95 | 2,11 | 0,1643 | NS |
| Niveles*Variedades | 34,70 | 4 | 8,67 | 0,52 | 0,7209 | NS |
| Error | 199,03 | 12 | 16,59 | | | |
| Total | 511,87 | 26 | | | | |
| CV (%) | 11,77 | | | | | |

NS = No significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo

En lo que respecta a los niveles de abono bovino Figura 19, la falta de significancia en los niveles de 2,5 kg/m² con promedio de 35,23 t/ha, 5,0 kg/m² con 34,63 t/ha y 0,0 kg/m² con 33,91 t/ha, indica que el aporte de nutrientes incorporados a través de abono de bovino no generó efecto directo sobre el rendimiento. Esto podría deberse a que los suelos del área experimental ya contaban con una fertilidad base suficiente para sostener la producción, sumado a la disponibilidad hídrica proporcionada por el riego por goteo. De manera similar, Mamani (2018) menciona que, en cultivos de crucíferas bajo condiciones de altiplano, la respuesta a la fertilización orgánica suele ser limitada cuando el suelo ya ofrece nutrientes en niveles adecuados.

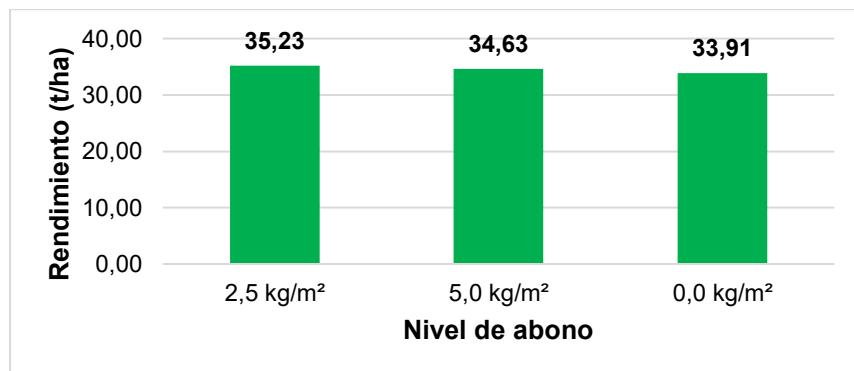


Figura 19. Rendimiento para nivel de abono

Respecto al efecto variedad con referencia a rendimiento (Figura 20), aunque no se detectaron diferencias estadísticas, la tendencia observada señala que Cuello Violeta Globo Blanco alcanzó valores ligeramente superiores (36,84 t/ha) en comparación con las otras variedades Pera Colo Roxo (33,72 t/ha) y Purple Top White Globe (33,20 t/ha). Este comportamiento puede explicarse por su mayor vigor vegetativo y su capacidad fotosintética (reflejada en el número de hojas y altura de planta), lo que le permitió acumular más biomasa en la raíz, tal como también reporta Mamani (2018), en su investigación realizada en la producción de nabo con tres tipos de abonos orgánicos en el municipio de Patacamaya, obtuvo rendimientos de 30,5 a 41,7 t/ha, los resultados obtenidos en el presente estudio son similares.

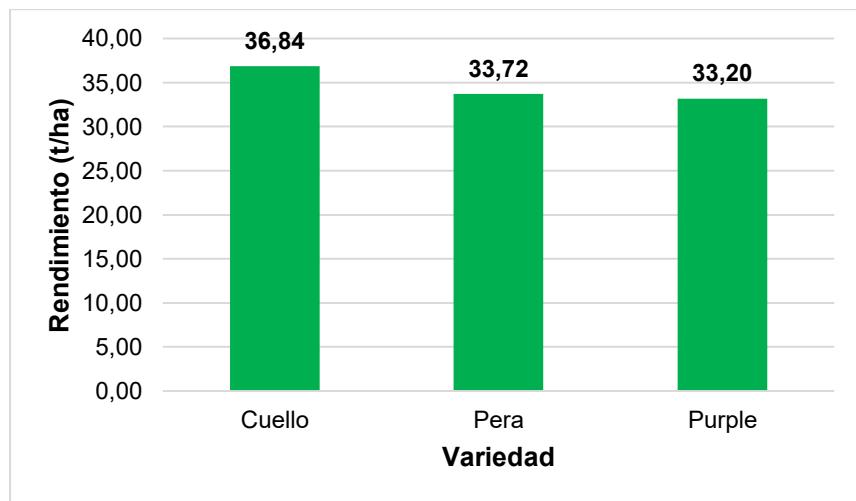


Figura 20. Rendimiento para variedad

La interacción (Figura 21) niveles de abono bovino con variedades, muestra que no se tiene diferencias significativas, indica que las variedades evaluadas tuvieron un comportamiento similar frente a los diferentes niveles de abono. No obstante, la figura de interacción permite observar que el tratamiento T1 (0,0 kg/m² - Cuello Violeta Globo Blanco) mostro un mayor rendimiento con promedio de 38,34 t/ha ante los demás tratamientos T4 (2,5 kg/m² - Cuello Violeta Globo Blanco) con 36,72 t/ha, T7 (5,0 kg/m² - Cuello Violeta Globo Blanco) 35,47 t/ha, T6 (2,5 kg/m² - Pera Colo Roxo) 35,17 t/ha, T8 (5,0 kg/m² - Purple Top White Globe) 34,25 t/ha, T9 (5,0 kg/m² - Pera Colo Roxo) 34,17 t/ha, T5 (2,5 kg/m² - Purple Top White Globe) 33,79 t/ha, T3 (0,0 kg/m² - Pera Colo Roxo) con 31,83 t/ha y como ultimo está el tratamiento T2 (0,0 kg/m² - Purple Top White Globe) que obtuvo un menor rendimiento quedando con promedio de 31,55 t/ha. La variedad Cuello Violeta Globo Blanco destaco

con los mayores valores, especialmente con 0,0 kg/m² (Sin abono) obteniendo un rendimiento de 38,34 t/ha, mientras que Purple Top White Globe y Pera Colo Roxo mostraron rendimientos menores, sin diferencias consistentes. Este patrón, respaldado estadísticamente, refuerza la idea de que el potencial productivo depende más del factor genético que de la fertilización aplicada. Estos resultados resaltan la importancia de seleccionar tanto la variedad como la dosis adecuada para optimizar el rendimiento. Serrano, citado por Pascual (2015), en una investigación realizada con riego superficial en ambiente atemperado para la producción intensiva de nabo variedad (Purple Top White Globe), obtiene los siguientes resultados en rendimiento de raíz 17,56 t/ha con riego tradicional y 57,28 t/ha con riego superficial. Los valores obtenidos en la presente investigación con la variedad Purple Top White Globe fueron superiores a comparación con riego tradicional e inferiores con riego superficial, así mismo Condori (2016), desenvolvió una investigación en Sapahaqui, donde reportó rendimientos de 30,30 a 25,45 t/ha donde los resultados de la presente investigación se mostraron superiores.

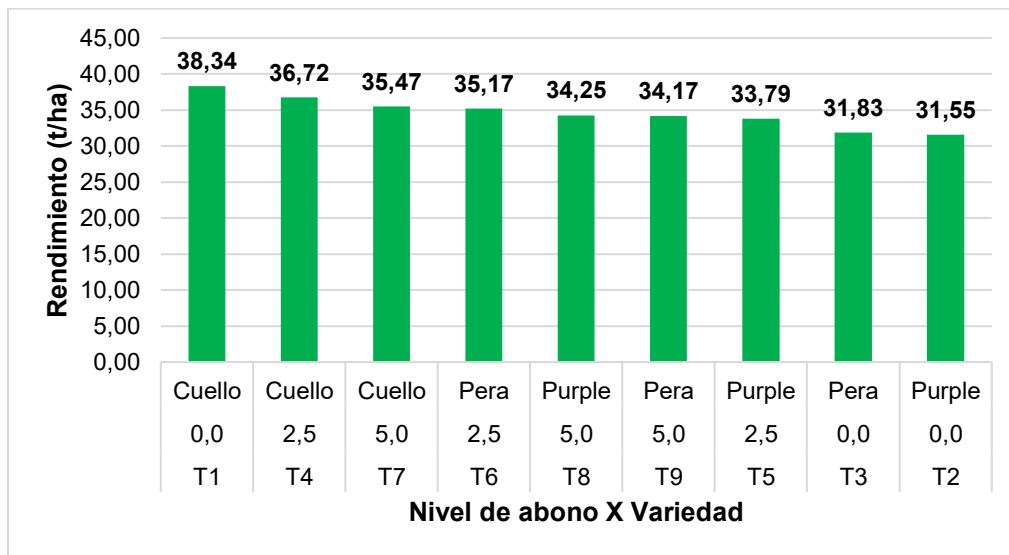


Figura 21. Interacción nivel y variedad para rendimiento

En síntesis, los resultados muestran que el rendimiento de nabo en la comunidad de Collo Collo no estuvo influenciado por los niveles de abono bovino evaluados ni por las variedades. Sin embargo, se aprecia una tendencia favorable a la variedad Cuello Violeta Globo Blanco, lo que, unido a su mayor número de hojas, altura de planta, diámetro y longitud de raíz, la convierte en una alternativa prometedora para la producción local.

4.3. Análisis económico

El análisis económico fue efectuado para cada uno de los tratamientos de las tres variedades de nabo, 2 niveles de abono de bovino y un testigo (sin abono), donde se tomaron datos del rendimiento promedio de raíz con la finalidad de realizar los cálculos económicos de la producción. El rendimiento fue sometido a un ajuste, para eliminar la sobre estimación del ensayo, el cual consiste en arreglar o ajustar el rendimiento promedio de los nueve tratamientos en estudio a un 10% de decremento. Al respecto Montes, citado por Huallpa (2010), emplea como regla general un ajuste entre el 5 y 30%.

El beneficio bruto de cada uno de los tratamientos, fueron obtenidos a partir de los rendimientos ajustados por el precio de venta por kilogramo de nabo, este dato fue adquirido y considerado según los precios del mercado de Villa Dolores de la ciudad de El Alto.

En el Cuadro 12 se observa la relación beneficio/costo (B/C) de los nueve tratamientos, en donde se puede apreciar que 6 tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5 Y T6) obtuvieron un beneficio/costo por encima de 1 Bs de rentabilidad, es decir que de cada boliviano invertido no solo se recupera el boliviano, sino que también se tiene ganancias adicionales que varían según el tratamiento, sin embargo los tratamientos T7, T8 y T9 obtuvieron un beneficio/costo por debajo de 1 Bs, es decir que por cada boliviano invertido presento pérdidas y no se recuperó el boliviano invertido.

Cuadro 12. Análisis económico variedades de nabo bajo niveles de abono (Bs/ha)

| Concepto | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|---------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Rendimiento (t/ha) | 38,34 | 31,55 | 31,83 | 36,72 | 33,79 | 35,17 | 35,47 | 34,25 | 34,17 |
| Ajuste 10% | 3,83 | 3,16 | 3,18 | 3,67 | 3,38 | 3,52 | 3,55 | 3,43 | 3,42 |
| Rendto. ajustado (t/ha) | 34,51 | 28,40 | 28,65 | 33,05 | 30,41 | 31,65 | 31,92 | 30,83 | 30,75 |
| Precio (Bs/kg) | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Ingreso Bruto (Bs/ha) | 103518,00 | 85185,00 | 85941,00 | 99144,00 | 91233,00 | 94959,00 | 95769,00 | 92475,00 | 92259,00 |
| Costo de prod. (Bs/ha) | 52294,08 | 52294,08 | 52294,08 | 81026,08 | 81026,08 | 81026,08 | 108526,08 | 108526,08 | 108526,08 |
| Ingreso Neto (Bs/ha) | 51223,92 | 32890,92 | 33646,92 | 18117,92 | 10206,92 | 13932,92 | 12757,08 | 16051,08 | 16267,08 |
| Relacion B/C | 1,98 | 1,63 | 1,64 | 1,22 | 1,13 | 1,17 | 0,88 | 0,85 | 0,85 |
| Rent. Inv. (Ganancia - Pérdida) | 0,98 | 0,63 | 0,64 | 0,22 | 0,13 | 0,17 | -0,12 | -0,15 | -0,15 |

El ingreso neto de cada tratamiento se obtuvo restando los datos de ingreso bruto y datos de costo de producción, el costo de producción se detalla en el Anexo 1 (Costo de producción sin aplicación de abono), Anexo 2 (Costo de producción con abono de bovino) y Anexo 3 (Costo de producción por tratamientos).

Teniendo en cuenta si la relación B/C es menor a 1 existe pérdida, cuando es igual a 1 ni se pierde ni se gana se recupera lo invertido, y cuando es mayor a 1 es rentable (se tiene ganancias).

El tratamiento T1 (0,0 kg/m² con Cuello Violeta Globo Blanco) es el que presenta el mayor beneficio/costo con una ganancia de 0,98 Bs, por cada boliviano invertido, mientras que los tratamientos T7 (5,0 kg/m² con Cuello Violeta Globo Blanco), T8 (5,0 kg/m² con Purple Top White Globe) y T9 (5,0 kg/m² con Pera Colo Roxo), presentaron perdidas en beneficio/costo de 0,12 y 0,15 Bs por cada boliviano invertido, esta pérdida de B/C se debe a la incorporación de abono ya que el costo del abono le resta o hace que el B/C sea bajo, al no incorporar abono no se genera el gasto en ella y hace que el B/C se reflejen altos, y estos resultados concuerdan con Huallpa (2010), en un ensayo en el que evaluó el comportamiento agronómico de tres variedades de nabo con diferentes abonos orgánicos en el altiplano Norte de La Paz, obtuvo valores de entre 4,79 a 1,52 Bs, dentro de los cuales se halló que los tratamientos testigos presentan altos en relación Beneficio/costo, por tanto, indica que cuando no existe incorporación de materia orgánica los costos de producción varían. Morales (2012), quien advierte que los altos costos de los abonos orgánicos pueden reducir la rentabilidad en cultivos de ciclo corto como el nabo. Mamani (2019), también destaca que la inversión en insumos debe evaluarse cuidadosamente para garantizar ganancias, lo que justifica la superioridad económica del testigo.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- Las variedades de nabo (Cuello Violeta Globo Blanco, Purple Top White Globe y Pera Colo Roxo), tuvieron diferencias significativas, donde la variedad Cuello Violeta Globo Blanco mostró superioridad en número de hojas (13,98), altura de planta (32,75 cm), diámetro de raíz (6,72 cm) y longitud de raíz (6,03 cm), siendo la más adaptable para la zona. Teniendo en cuenta que entre variedades se tiene diferencias significativas, se rechaza la hipótesis nula donde refiere que no se tiene diferencias significativas entre variedades. Los niveles de abono bovino (0,0, 2,5, 5,0 kg/m²), no afectaron significativamente las variables número de hojas, altura de planta, diámetro y longitud de raíz, donde todos los datos obtenidos son similares entre sí, por ese motivo se acepta la hipótesis nula donde menciona que no se tiene diferencias significativas entre niveles de abono. Los tratamientos que mejor respuesta obtuvieron con respecto al comportamiento agronómico en las distintas variedades de nabo fue el tratamiento T1 (0,0 kg/m² con Cuello Violeta Globo Blanco), a excepción de la variable número de hojas donde el tratamiento T2 (2,5 kg/m² con Cuello Violeta Globo Blanco) fue superior, teniendo en cuenta que no se tiene diferencias significativas en la mayoría de las variables agronómicas, excepto en longitud de raíz donde T1 (0,0 kg/m² con Cuello Violeta Globo Blanco) fue superior a los demás tratamientos con 6,45 cm.
- El mayor rendimiento se obtuvo con T1 (0,0 kg/m² con Cuello Violeta Globo Blanco), obteniendo 38,34 t/ha y el tratamiento que menor rendimiento mostro es T2 (2,5 kg/m² con Purple Top White Globe), con un promedio de 31,55 t/ha, aunque no existe diferencias significativas entre tratamientos. Por lo tanto, se acepta hipótesis nula donde alude que no se tiene diferencias entre variedad de nabo bajo niveles de abono bovino.
- Económicamente, la relación B/C más alto se obtuvo con T1 (0,0 kg/m² con Cuello Violeta Globo Blanco) (a1b1), con un B/C de 1,98 Bs, una ganancia de 0,98 Bs, por cada boliviano invertido, lo que indica que existe ganancia. Mientras que dosis altas de abono redujeron y presentaron perdidas en la relación B/C como T8 y T9 con B/C de 0,85 Bs. Por la diferencia de B/C se rechaza hipótesis nula donde indica que no se tiene diferencias de B/C entre tratamientos.

6. RECOMENDACIONES

En función a los resultados obtenidos se emplean las siguientes recomendaciones:

- En el presente trabajo se utilizó abono de bovino en diferentes niveles con variedades de nabo, por lo mismo se recomienda realizar más investigaciones con otros niveles de abono y otras variedades de nabo, con el objetivo de estudiar el comportamiento agronómico y rendimiento del cultivo de nabo.
- Se recomienda priorizar la siembra de la variedad Cuello Violeta Globo Blanco, ya que mostró mejor desempeño en la mayoría de las variables evaluadas (número de hojas, altura de planta, diámetro y longitud de raíz), lo que le confiere mayor potencial productivo bajo las condiciones edafoclimáticas de la comunidad de Collo Collo.
- Dado que los niveles de abono bovino (0,0, 2,5 y 5,0 kg/m²) no generaron diferencias significativas en el rendimiento, se sugiere no incrementar de manera innecesaria la dosis de estiércol en el cultivo de nabo, ya que en la investigación no se tuvo mejoras al aplicar los niveles de abono y esto representa un ahorro de recursos sin afectar la producción.
- Se recomienda utilizar un sistema de riego por goteo para garantizar la humedad al cultivo. Así mismo se recomienda hacer estudio con otro tipo de sistema de riego para comparar su eficiencia.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aquino, E. 2010. Elaboración de Abonos Líquidos Orgánicos. Asociación de Organizaciones Productores Ecológicos de Bolivia (AOPEB). La Paz, Bolivia. Disponible en <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/24>
- Blanco, J. 2018. Inventario español de los conocimientos tradicionales relativos a la biodiversidad agrícola. Inventario Español de los conocimientos tradicionales relativos la biodiversidad Agrícola. Consultado el 20 abril 2025. Disponible en https://www.mapa.gob.es/images/es/tardio_eta2022_iectbavol2_tcm30-640207.pdf
- Castillo, E. M. 2021. Evaluación de nutrición edáfica en cultivo de nabo (*Brassica rapa* Subsp). Universidad Técnica de Machala. Ecuador. 67 p.
- Choudhary, M.; Pandey, S. y Meena, V. S. 2020. Agricultura orgánica para una agricultura sostenible: Una revisión. En: Meena, V. S. (ed.). Avances en la agricultura orgánica. Cambridge, Estados Unidos: Editorial Woodhead. 1–20 p.
- Chong-Qhi, J. P. 2019. Evaluación de tres tipos de compost en el rendimiento del cultivo de Nabo. Universidad técnica estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. s.p.
- Choquemiza, P. y Quispe, M. 2008. Manual de Producción de Hortalizas de Hojas en Carpas Solares. La Paz, Bolivia s.p.
- Condori, C. 2016. Comportamiento agronómico de tres variedades de nabo (*Brassica napus* L.) bajo abonado orgánico en carpa solar en la localidad de Sapahaqui. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 124 p.
- Conversa, G.;Lazzizera, C.;Bonasia, A.;La Rotonda, P. y Elia, A. 2020. Caracterización nutricional de dos variedades autóctonas raras de hojas de nabo (*Brassica rapa* var. *rapa*) y su conservación en fincas de la provincia de Foggia. Italia, 14. Disponible en <https://doi.org/10.3390/su12093842>
- Earth, G. 2023. Google Earth, version 10.67.0.3 Con subproceso múltiple. Consultado el 25 de septiembre de 2024. Disponible en <https://earth.google.com/web/search/collo+collo/16.58556719,68.58306758,3861.25934169a,24.99741175d,35y,0h,0t,0r/data=CnoaTBJGCIUweDkxNWViYzZIODAxMmYwZDE6MHhhZmJmNzl4MmYzZGU0N>

- ECHOcommunity. 2023. Nabo (berza, colza, rábano blanco). Estados Unidos. Consultado en 01 jun. 2025. Disponible en <https://www.echocommunity.org/es/resources/72243591-437a-475c-8b9cef4aea8d281>
- Espinoza, S. y Diana, E. 2009. Caracterización física, química y nutricional de dos eco tipos de nabo (*Brassica naphus*) cultivados en Ecuador. Ingeniería de alimentos. Quito, Ecuador. 210 p.
- Estrada, J. s.f. Cultivo del nabo: Una experiencia de agricultura familiar urbana y peri urbana en el altiplano boliviano. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Oruro, Bolivia. s.p.
- Huallpa, F. 2010. Comportamiento productivo de variedades de nabo (*Brassica napus* L.) con diferentes abonos orgánicos en el altiplano norte de La Paz. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 85 p.
- López, R. J.; López, L. y Benítez, J. 2018. Estrategias de fertilización sostenible para cultivos de Brassica: una perspectiva global. Revista de Agronomía, 110(5): 1785–1799.
- Mamani, F. G. 2018. Producción de nabo (*Brassica naphus*) con tres tipos de abonos orgánicos en el Municipio de Patacamaya. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 72 p.
- Mamani, G. W. 2019. Evaluar el comportamiento agronomico de una variedad de zanahoria (*Daucus carota* L.) bajo la incorporacion de tres abonos organicos en el Municipio de Achocalla. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 115 p.
- Morales, C. 2012. Evaluación de tres diferentes fuentes orgánicas como fertilizantes en el crecimiento vegetativo del xate (*chamaedorea Ernesto augustii*; arecaceas) en San Antonio Huista, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 65 p.
- Mula, J. 2021. Agromática. Características del colinabo como planta. Galicia, España. Disponible en <https://www.agromatica.es/colinabo/>

- Muñoz, K. 2024. Efecto de tres dosis de fertilizantes orgánicos bajo condiciones de riego por goteo en el cultivo de nabo (*Brassica napus* L.). Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Agraria del Ecuador. El Triunfo, Ecuador. 78 p.
- Pascual, L. 2013. Entrevista personal, agricultor de Achocalla. Comunidad Pucarani. La Paz, Bolivia. s.p.
- Pascual, M. 2015. Efecto de tres niveles de abono líquido orgánico en la producción del cultivo de nabo (*Brassica napus*) a campo abierto en el Municipio de Achocalla. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 107 p.
- Quiña, R. 2023. Rendimiento de nabo (*Brassica rapa* L.) a la aplicación de ocho niveles de estiércol. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad para el Desarrollo Andino. Lircay, Angaraes, Huancavelica, Perú. 70 p. Disponible en <https://repositorio.udea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/595e741f-2c62-4fe2-8edb-af36e0d44634/content>
- Ramirez, M. 2010. Granja Integral Autosuficiente. Ed. Hogares Juveniles Campesinos. Bolivia. s.p. Disponible en <https://docplayer.es/227676312-Manual-de-la-granja-integral-autosuficienteeditorial-fundacion-hogares-juveniles-campesinos.html>
- Ramos, Y. 2022. Efecto del biol en el rendimiento del cultivo de nabo, aplicando 3 dosis y 3 momentos diferentes. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca Perú. s.p.
- SENAMHI. 2025. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia. Datos meteorológicos: Temperatura y precipitación en la Sacacani, Municipio de Laja. Consultado el 28 de mayo de 2025. Disponible en: <https://senamhi.gob.bo/index.php/sysparametros>
- Serrano, R. 2012. Distribucion de la diversidad genetica y etnobotanica de Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en las Comunidades del Altiplano Norte. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andres. La Paz, Bolivia. 108 p.
- Singh, J.; Kumar, S. y Singh, M. 2021. Respuestas morfológicas y fisiológicas de *Brassica napus* a enmiendas orgánicas bajo estrés por frío. Revista de nutrición vegetal, 44(8): 1123–1135.

Terán, G.; Thellaecche, J. y Conde, E. A. 2020. Plan de Contingencia Alimentaria: Municipio De Laja. La Paz, Bolivia, 52 p.

Vásquez, S. 2021. Efecto de aplicación de biol en el comportamiento productivo del cultivo de Nabo (*Brassica napus L.*) en la Localidad de Patacamaya. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 60 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Costos de producción sin abono (Bs/ha)

| Rubro | Unidad | Cantidad | Precio Unitario (Bs) | Precio Total (Bs) |
|----------------------------------|--------|----------|----------------------|-------------------|
| a. Preparación de Terreno | | | | |
| Alquiler del terreno | Meses | 5 | 500 | 2500 |
| Roturado | Hora | 5 | 200 | 1000 |
| Mullido | Hora | 4 | 200 | 800 |
| Limpieza | Jornal | 8 | 140 | 1120 |
| Nivelado | Jornal | 8 | 140 | 1120 |
| Siembra | Jornal | 11 | 140 | 1540 |
| b. Labores Culturales | | | | |
| Riego | Jornal | 70 | 140 | 9800 |
| Raleo | Jornal | 8 | 140 | 1120 |
| Deshierbe | Jornal | 8 | 140 | 1120 |
| Aporque | Jornal | 8 | 140 | 1120 |
| c. Cosecha y Post cosecha | | | | |
| Recolección | Jornal | 10 | 140 | 1400 |
| Deshojado y Lavado | Jornal | 10 | 140 | 1400 |
| Embolsado | Jornal | 8 | 140 | 1120 |
| Transporte | Camion | 5 | 300 | 1500 |
| Sub total | | | | 26660 |

Anexo 2. Costo de producción con incorporación de abono (Bs/ha)

| Rubro | Unidad | Cantidad | Precio Unitario (Bs) | Precio Total (Bs) |
|----------------------------------|--------|----------|----------------------|-------------------|
| a. Preparación de Terreno | | | | |
| Alquiler del terreno | Meses | 5 | 500 | 2500 |
| Roturado | Hora | 5 | 200 | 1000 |
| Mullido | Hora | 4 | 200 | 800 |
| Limpieza | Jornal | 8 | 140 | 1120 |
| Nivelado | Jornal | 8 | 140 | 1120 |
| Aplicación de Abono | Jornal | 8 | 140 | 1120 |
| Siembra | Jornal | 11 | 140 | 1540 |
| b. Labores Culturales | | | | |
| Riego | Jornal | 70 | 140 | 9800 |
| Raleo | Jornal | 8 | 140 | 1120 |
| Deshierbe | Jornal | 8 | 140 | 1120 |
| Aporque | Jornal | 8 | 140 | 1120 |
| c. Cosecha y Post cosecha | | | | |
| Recolección | Jornal | 10 | 140 | 1400 |
| Deshojado y Lavado | Jornal | 10 | 140 | 1400 |
| Embolsado | Jornal | 8 | 140 | 1120 |
| Transporte | Camion | 5 | 300 | 1500 |
| Sub total | | | | 27780 |

Anexo 3. Costo de producción por tratamiento (Bs/ha)

| ESPECIFICACIONES | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Sub Total | 26660,0 | 26660,0 | 26660,0 | 27780,0 | 27780,0 | 27780,0 | 27780,0 | 27780,0 | 27780,0 |
| Instalacion sistema de riego | 4000,0 | 4000,0 | 4000,0 | 4000,0 | 4000,0 | 4000,0 | 4000,0 | 4000,0 | 4000,0 |
| Desgaste sistema de riego | 2000,0 | 2000,0 | 2000,0 | 2000,0 | 2000,0 | 2000,0 | 2000,0 | 2000,0 | 2000,0 |
| Herramienta y equipos | 800,0 | 800,0 | 800,0 | 800,0 | 800,0 | 800,0 | 800,0 | 800,0 | 800,0 |
| Semilla 2.0 kg/ha | 1060,1 | 1060,1 | 1060,1 | 1060,1 | 1060,1 | 1060,1 | 1060,1 | 1060,1 | 1060,1 |
| Abono de Bovino | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 25000,0 | 25000,0 | 25000,0 | 50000,0 | 50000,0 | 50000,0 |
| Seguimiento investigacion | 13020,0 | 13020,0 | 13020,0 | 13020,0 | 13020,0 | 13020,0 | 13020,0 | 13020,0 | 13020,0 |
| Total | 47540,1 | 47540,1 | 47540,1 | 73660,1 | 73660,1 | 73660,1 | 98660,1 | 98660,1 | 98660,1 |
| Imprevistos 10% | 4754,0 | 4754,0 | 4754,0 | 7366,0 | 7366,0 | 7366,0 | 9866,0 | 9866,0 | 9866,0 |
| Total Costo de Prod. (Bs/ha) | 52294,1 | 52294,1 | 52294,1 | 81026,1 | 81026,1 | 81026,1 | 108526,1 | 108526,1 | 108526,1 |

Anexo 4. Análisis físico-químico de suelo



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
 "La Casa del Agricultor"



Nº PURUMA 600-2024

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELO

| Datos del Cliente | | Datos del Laboratorio | |
|-------------------------|---|-------------------------------|--|
| Cliente | Cristian Apaza Quispe | Responsables de análisis | Ing. Daniela Tola Garfias ANALISTA DE LABORATORIO |
| Código de la Muestra | Comunidad Collo Collo | Fecha de recepción de muestra | 01/11/2024 |
| Responsable de muestreo | Cristian Apaza Quispe | Fecha de emisión de Informe | 19/11/2024 |
| Fecha de muestreo | 01/11/2024 | Código de la muestra | Comunidad Collo Collo |
| Ubicación de la muestra | Departamento: La Paz Provincia: Los Andes Municipio: Laja Comunidad: Collo Collo | Código Laboratorio | LMS-394 |

RESULTADOS

| PARAMETRO | UNIDAD | VALOR | MÉTODO |
|---|----------------|-------|--|
| TEXTURA | Arena | % | 30,08 |
| | Limo | % | 45,20 |
| | Arcilla | % | 24,72 |
| | Clase textural | - | Franco |
| Densidad aparente | g/cm3 | 1,28 | Cilindro/probeta |
| pH en H ₂ O relación 1:2,5 | - | 8,10 | Potenciometría |
| Conductividad eléctrica (1:5) | dS/m | 0,16 | Potenciometría |
| Materia Orgánica | % | 2,32 | Walkley y Black-Espetrofotometría |
| Nitrógeno total | % | 0,23 | Kjeldahl |
| Fosforo disponible | ppm | 3,50 | Bray y Kurtz; Olsen |
| Potasio intercambiable | meq/100g | 0,57 | Acetato de amonio 1N pH 7 (Espectrofotómetro de emisión atómica) |
| Capacidad de intercambio cationico -CIC | meq/100g | 19,64 | Acetato de Sodio (Espectrofotómetro de emisión atómica) |


 Ing. Miguel Angel Lopez Mamani
 Responsable técnico
 PURUMA Agricultura Regenerativa



Anexo 5. Análisis químico de abono bovino



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"

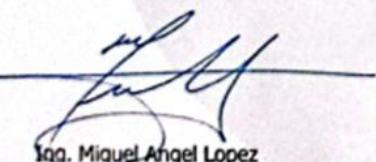
Nº PURUMA 601- 2024

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE ABONO ORGÁNICO

| Datos del Cliente | | Datos del Laboratorio | |
|--------------------------|---|-------------------------------|---|
| Cliente | Cristian Apaza Quispe | Responsables de análisis | Ing. Daniela Tola Garris ANALISTA DE LABORATORIO |
| Código de la Muestra | Abono Bovino | Fecha de recepción de muestra | 01/11/2024 |
| Fecha de Muestreo | Cristian Apaza Quispe | Fecha de emisión de informe | 19/11/2024 |
| Responsable de muestreo | 01/11/2024 | Código de la muestra | Abono Bovino |
| Ubicación de la muestra | Departamento: La Paz Provincia: Los Andes Municipio: Laja Comunidad: Collo Collo | Código Laboratorio | LM05-122 |

RESULTADOS

| PARAMETRO | UNIDAD | VALOR | MÉTODO DE ENSAYO |
|-------------------------|--------|-------|-----------------------------------|
| pH (1:5) | - | 9,93 | Potenciometría |
| Conductividad eléctrica | dS/m | 2,80 | Potenciometría |
| Carbono orgánico total | % | 16,90 | Ignición |
| Nitrógeno total | % | 1,59 | Kjeldahl |
| Fosforo total | % | 0,17 | Espectrofotometría UV-Visible |
| Potasio total | % | 0,81 | Espectroscopía de emisión atómica |
| Sodio total | % | 0,08 | Espectroscopía de emisión atómica |


 Ing. Miguel Angel Lopez
 Responsable técnico
 PURUMA Agricultura Regenerativa



Anexo 6. Muestreo de suelo



Anexo 7. Lugar y preparación del terreno**Anexo 8. Trazado de unidades experimentales**

Anexo 9. Muestreo e incorporación de abono bovino**Anexo 10. Sistema de riego por goteo**

Anexo 11. Siembra**Anexo 12. Desmalezado y aporque**

Anexo 13. Cosecha**Anexo 14. Medición diámetro de raíz**

Anexo 15. Medición longitud de raíz**Anexo 16. Pesaje de nabos**

Anexo 17. Lavado de nabo