

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



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE COMPOST Y NIVELES DE
LIXIVIADO DE VERMICOMPOST EN LAS VARIABLES
AGRONÓMICAS DE COL RIZADA
(*Brassica oleracea* var. Sabellica) EN KALLUTACA – LA PAZ**

Por:

Jhannet Quispe Sanez

EL ALTO – BOLIVIA

Noviembre, 2025

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

**EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE COMPOST Y NIVELES DE LIXIVIADO DE
VERMICOMPOST EN LAS VARIABLES AGRONÓMICAS DE COL RIZADA
(*Brassica oleracea* var. Sabellica) EN KALLUTACA – LA PAZ**

*Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniera Agrónoma*

Jhannet Quispe Sanez

Asesores:

Lic. Ing. Teofilo Serrano Canaviri

Tribunal Revisor:

Ph. D. M. Sc. Lic. Ing. Humberto Nelson Sainz Mendoza

Lic. Ing. Jorge Washington Guzman Calla

Dr. Lic. Ing. Francisco Mamani Pati

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

Dedico con todo mi corazón a Dios por permitirme vivir y darme la oportunidad de realizar esta tesis por darme fuerzas cuando las mías ya no fueron suficientes, a mis padres Hermogenes Quispe Mamani y Martha Beatriz Sanez Laura por ser mi apoyo incondicional en todo momento, por no escatimar en nada siendo así ser uno de mis apoyos fundamentales para este proceso, , a mis hermanas Lorena Quispe Sanez y Mishel Quispe Sanez por ser mi apoyo emocional en momentos de flaqueza, a mi mascota Albin por acompañarme en mis desvelos y ser mi compañía.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por permitirme vivir y acompañarme en cada uno de mis procesos por darme sus fuerzas y la sabiduría que necesité en el transcurso de esta investigación.

A mis padres por ser mi piedra fundamental, por alentarme a estudiar la carrera por su apoyo incondicional, sus consejos valiosos que siempre están presentes en mi diario vivir.

A mi institución mi universidad Pública de El Alto por ser parte de mi formación y así también por los campos de práctica que fueron forjando mi vida profesional.

A mi mentor Teofilo Serrano Canaviri por instruirme y ser parte de esta investigación por su apoyo, y también por brindarme sus enseñanzas, su sabiduría. Gracias por transmitirme el amor a la carrera y también ser parte de este gran paso, para optar mi licenciatura.

A mis tribunales por sus correcciones certeras que me ayudaron a poder realizar esta tesis, gracias por sus consejos y el seguimiento de esta investigación.

A PRAAI que se dedica a la producción de hortalizas libres de agrotóxicos quienes me ayudaron a la comercialización de mis productos y también por el apoyo de la producción ecológica, esta investigación ayudo a que los costos de producción sean certeros y salga adelante.

A los docentes destacados que fueron parte de mi formación académica , Ramiro Raul Ochoa Torrez , Teofilo Serrano Canaviri, Cesar Humberto Quispe Paxipati, Guiber Guarachi Condori, Francisco Mamani Pati, Jorge Washington Guzman Calla, a todos ellos gracias por todas sus enseñanzas.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS.....	i
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
ABREVIATURAS	xii
RESUMEN	1
ABSTRACT	2

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	3
Antecedentes	4
1.1. Planteamiento del problema	4
1.2. Justificación	5
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4. Hipótesis.....	6
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Origen.....	6
2.1.1. Características botánicas	7
2.1.1.1. Raíz	7
2.1.1.2. Tallo	7
2.1.1.3. Hoja.....	7
2.1.1.4. Flor.....	8
2.1.1.5. Fruto.....	8

2.1.1.6.	Descripción taxonómica	8
2.1.1.6.1.	Ciclo del cultivo.....	9
2.2.	Propagación.....	9
2.2.1.	Almácigo	9
2.2.2.	Preparación del suelo.....	9
2.2.3.	Trasplante	9
2.2.4.	Siembra.....	10
2.2.5.	Labores culturales.....	10
2.2.6.	Riego	10
2.2.7.	Cosecha.....	11
2.2.8.	Requerimientos edafoclimáticos.....	11
2.2.9.	Abonado.....	12
2.2.10.	Requerimientos nutricionales del suelo para el cultivo de col rizada	12
2.2.10.1.	Macronutrientes Primarios.....	12
2.2.10.1.1.	Nitrógeno (N):	12
2.2.10.1.2.	Fósforo (P):.....	12
2.2.10.1.3.	Potasio (K):.....	13
2.2.11.	Macronutrientes Secundarios.....	13
2.2.11.1.	Calcio (Ca):	13
2.2.11.2.	Magnesio (Mg):	13
2.2.12.	Propiedades nutricionales	13
2.3.	Abonos orgánicos	14
2.3.1.	Compost.....	14
2.3.1.1.	Ventajas del compost	15
2.3.1.2.	Propiedades físicas del compost	15
2.3.1.3.	Propiedades químicas de compost.....	16

2.3.1.4.	Propiedades biológicas del compost	16
2.3.2.	Lixiviado de vermicompost	17
2.3.2.1.	Propiedades biológicas del lixiviado	17
2.3.2.2.	Enriquecimiento microbiológico del suelo	17
2.3.2.3.	Supresividad de enfermedades radiculares.....	17
2.3.2.4.	Bioestimulación del crecimiento	18
2.3.2.5.	Activación de defensas sistémicas	18
2.3.2.6.	Mejora en la nutrición vegetal.....	18
2.3.2.7.	Obtención y usos del lixiviado de lombriz	19
2.3.2.8.	Composición química del lixiviado	19
2.4.	Localización	20
2.4.1.	Características Edafoclimáticas	21
2.4.1.1.	Clima.....	21
2.4.1.2.	Suelo.....	21
2.4.1.3.	Vegetación	21
2.5.	Materiales	21
2.5.1.	Material de estudio.....	21
3.2.2.	Material vegetal	21
2.5.4.	Material de campo.....	22
2.5.5.	Material de gabinete.....	22
2.6.	Metodología	23
2.6.1.	Procedimiento experimental	23
2.6.1.1.	Fase de instalación experimental	24
a)	Preparación del suelo	24
2.6.1.2.	Demarcación de unidades experimentales	24
2.6.1.3.	Trasplante	24

2.6.1.4.	Refalle.....	25
2.6.1.5.	Riego.....	25
2.6.2.	Labores culturales.....	25
2.6.2.1.	Control de malezas	25
2.6.2.2.	Manejo de plagas y enfermedades.....	25
2.6.2.3.	Cosecha.....	26
2.6.2.4.	Protocolo de cosecha.....	26
2.6.2.5.	Aplicación de tratamientos	27
2.6.3.	Diseño experimental	28
2.6.4.	Factores de estudio.....	28
2.6.5.	Formulación de tratamientos	29
2.6.6.	Contrastes ortogonales planificados.....	29
2.6.7.	Variables de respuesta.....	29
2.6.7.1.	Altura de planta (cm)	30
2.6.7.2.	Diámetro del tallo (m m).	30
2.6.7.3.	Número de hojas.....	30
2.6.7.4.	Peso fresco (g).....	30
2.6.7.5.	Peso seco (g)	30
2.6.7.6.	Rendimiento	31
2.6.7.7.	Análisis de costos parciales	31
2.6.7.8.	Ingreso bruto	31
2.6.7.9.	Ingreso neto	31
2.6.7.10.	Tasa de retorno marginal (TRM)	32
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
3.1.	Temperatura interna	32
3.2.	Análisis físico y químico inicial del suelo en carpa solar.....	33

3.3.	Análisis físico y químico del lixiviado de vermicompost.....	34
3.4.	Análisis Físico y químico del compost.....	36
3.5.	Análisis bromatológico de la col rizada	37
3.6.	Variables agronómicas.....	38
3.7.	Altura de planta.....	38
3.7.1.	Análisis de varianza factorial de la variable agronómica altura de planta ..	38
3.7.2.	Análisis de varianza factor vs testigo añadido para la variable agronómica altura de planta.....	39
3.7.3.	Análisis de la varianza factorial con testigo añadido de Altura de Planta...	40
3.7.4.	Contrastes Ortogonales para la Altura de Planta.....	41
3.8.	Diámetro del tallo	42
3.8.1.	Análisis de varianza factorial diámetro del tallo	42
3.8.2.	Prueba de análisis de varianza vs testigo añadido	43
3.8.3.	Prueba de análisis de la varianza de factorial con testigo añadido de damero del tallo	44
3.8.4.	Contrastes ortogonales para Diámetro del tallo.....	45
3.9.	Número de hojas.....	46
3.9.1.	Prueba de ANVA factorial de la variable agronómica de número de hojas para dosis de compost y niveles de lixiviado.	46
3.9.2.	Prueba de ANVA factorial vs testigo añadido de la variable agronómica número de hojas.....	47
3.9.3.	Prueba de ANVA vs testigo añadido de la variable agronómica de número de hojas	48
3.9.4.	Contrastes ortogonales para la variable agronómica Número de hojas.....	49
3.10.	Peso fresco.....	49
3.10.1.	Análisis de varianza factorial para la variable agronómica peso fresco	49
3.10.2.	Análisis de la varianza vs el testigo de la varianza agronómica de Peso fresco	50
3.10.3.	Prueba ANVA con Testigo añadido para la variable agronómica peso fresco	51

3.10.4.	Contrastes ortogonales para la variable agronómica Peso fresco	52
3.11.	52
3.12.	Peso seco	53
3.12.1.	Análisis de varianza factorial de la variable agronómica peso seco.....	53
3.12.2.	Prueba de análisis de la varianza factorial vs testigo añadido de la variable agronómica Peso seco	54
3.12.3.	Prueba de análisis de varianza factorial con testigo añadido de la variable agronómica Peso seco	55
3.12.4.	Contrastes ortogonales de la variable agronómica Peso seco	56
3.13.	Rendimiento.....	57
3.13.1.	Análisis de la varianza factorial del rendimiento de la variable agronómica rendimiento.....	57
3.13.2.	Análisis de la varianza vs testigo añadido de la variable agronómica rendimiento.....	57
3.13.3.	Análisis de la varianza factorial con testigo añadido de la variable agronómica rendimiento	59
3.13.4.	Contraste ortogonal planificado para la variable agronómica Rendimiento	60
3.14.	Análisis de costos parciales	61
4.	CONCLUSIONES.....	62
5.	RECOMENDACIONES.....	63
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	65
7.	ANEXOS	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Descripción taxonómica	8
Cuadro 2.	Valor nutricional de la col rizada para la ingesta humana.....	14
Cuadro 3.	Análisis químico del lixiviado.....	20
Cuadro 4.	Aplicación de tratamientos	28
Cuadro 5.	Contrastes planificados.....	29
Cuadro 6.	Análisis físico químico inicial del suelo en carpa solar.....	33
Cuadro 7.	Análisis físico químico de lixiviado de vermicompost.....	34
Cuadro 8.	Análisis físico químico del compost.....	36
Cuadro 9.	Análisis bromatológico de la col rizada.....	37
Cuadro 10.	Prueba de ANVA de la variable agronómica altura de planta de la col rizada con diferentes dosis de compost y niveles de lixiviado.....	38
Cuadro 11.	Cuadro de análisis de la varianza factor vs testigo añadido de dosis de compost y niveles de lixiviado de la variable agronómica altura de planta.	39
Cuadro 12.	Cuadro de ANVA factorial vs testigo añadido de la variable agronómica Altura de Planta	40
Cuadro 13.	Contrastes Ortogonales para la Altura de Planta.....	41
Cuadro 14.	ANVA factorial de diámetro del tallo	42
Cuadro 15.	Pruebas de ANVA vs testigo añadido del diámetro del tallo	43
Cuadro 17.	Contrastes ortogonales de la variable agronómica Diámetro del tallo	45
Cuadro 18.	Pruebas de ANVA factorial de la variable agronómica de número de hojas para dosis de compost y niveles de lixiviado.....	46
Cuadro 19.	ANVA factorial vs testigo añadido de la variable agronómica número de hojas	47
Cuadro 20.	Prueba de ANVA con testigo añadido de la variable agronómica número de hojas	48

Cuadro 21.	Contrastes ortogonales Número de hojas	49
Cuadro 22.	Análisis de la varianza factorial de peso fresco.	49
Cuadro 23.	ANVA de la variable agronómica peso seco.....	50
Cuadro 24.	Análisis comparativo de ANVA con el testigo añadido para la variable agronómica Peso fresco.	51
Cuadro 25.	Contrastes ortogonales para la variable agronómica Peso fresco	52
Cuadro 26.	ANVA factorial de la variable agronómica de peso seco	53
Cuadro 27.	ANVA vs testigo añadido de la variable agronómica Peso seco.....	54
Cuadro 28.	Prueba de ANVA factorial con testigo añadido de la variable agronómica Peso seco.	55
	Comparación de insumos: El contraste "COMP vs LIXIVIADO" no fue significativo	55
	(p-0.34), indicando que el efecto promedio del compost y el lixiviado sobre el peso	55
	seco no difirió estadísticamente.	55
Cuadro 29.	Contrastes ortogonales de la variable agronómica Peso seco.	56
Cuadro 30.	Análisis de varianza factorial del rendimiento	57
Cuadro 31.	Análisis de la varianza vs testigo añadido del rendimiento	58
Cuadro 32.	ANVA factorial con testigo añadido de la variable agronómica rendimiento	59
Cuadro 33.	Contraste ortogonal planificado para la variable agronómica Rendimiento.	60
Cuadro 34.	Análisis de costos parciales comparativos de los tratamientos de dosis de compost y niveles de lixiviado.	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Temperatura, máxima, mínima y media	32
Figura 2.	Diámetro del tallo factorial vs testigo	45
Figura 3.	Peso fresco de factos vs testigo	52
Figura 4.	Rendimiento tratamientos vs testigo	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Croquis del experimento	70
Anexo 7.	Muestreo del suelo para el análisis del suelo	76
Anexo 8.	Preparación de diferentes sustratos para el almácigo	76
Anexo 9.	Simbra de la col rizada en la caja de almácigo.....	77
Anexo 10.	Preparación del suelo , formación de camellones	77
Anexo 11.	Remoción del suelo con la ayuda del motocultor.....	78
Anexo 12.	Trasplante de la col rizada después del ocaso del sol.....	78
Anexo 13.	Riego por el sistema de cintas a goteo a horas 9am, cada dos días por 5 minutos.	79
Anexo 14.	Eliminación de malezas manualmente después de cada cosecha.	79
Anexo 15.	Plagas que estuvieron presentes en el cultivo de la col rizada tijeretas (<i>Forficula auricularia</i>) , babosa terrestre (<i>Arion rufus</i>).	80
Anexo 16.	Control biológico de babosas y tijeretas con ceniza (expansión de la ceniza alrededor de las plantas).....	80
Anexo 17.	Cosecha de hojas (estas hojas fueron cosechadas manualmente con la ayuda de una tijera las hojas cosechadas tuvieron las medidas de 12 a 15 cm.)..	81
Anexo 18.	Cosecha, empaquetado y sellado de la col rizada para la comercialización.	78
Anexo 19.	Variable agronómica altura de planta	82
Anexo 20.	Peso seco de las hojas de la col rizada muestras de la col rizada	82
Anexo 21.	Obtención de lixiviado de la carrera de ingeniería agronómica.....	83
Anexo 22.	Obtención de compost de la carrera de ingeniería agronómica.	83
Anexo 23.	Costos parciales tratamiento 1	84
Anexo 24.	Costos parciales tratamiento 2	85

Anexo 25.	Costos parciales tratamiento 3	86
Anexo 26.	Costos parciales tratamiento 4	87
Anexo 27.	Costos parciales testigo	88

ABREVIATURAS

cm	Centímetro
GPS	Global Positioning System
ton	Toneladas
ha	Hectáreas
kg	Kilógramos
msnm	Metros sobre el nivel del mar
m m	Milímetros
m	Metros
°C	Grados centígrados
Kcal	Kilocalorías
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
pH	Potencial de Hidrógeno
Zn	Zinc
N	Nitrógeno
P	Fósforo
K	Potasio
Mg	Magnesio
Mn	Manganeso

RESUMEN

La col rizada (*Brassica oleracea* var. *Sabellica*) o kale es una hortaliza de alto valor nutricional cuyo cultivo sostenible es de creciente interés. En el altiplano boliviano, se enfrenta a desafíos como bajos rendimientos debido a una fertilización inadecuada. Esta investigación evaluó la eficacia de enmiendas orgánicas, como el compost y el lixiviado de vermicompost, como alternativas para mejorar la productividad y rentabilidad del cultivo, reduciendo la dependencia de insumos sintéticos.

Esta investigación evaluó el efecto de dosis de compost (2 y 3 kg/m²) y niveles de lixiviado de vermicompost (10% y 20%) en variables agronómicas de col rizada bajo condiciones protegidas en Kallutaca - La Paz. Mediante contrastes ortogonales se determinó que el compost fue determinante para el éxito del cultivo, mostrando efectos altamente significativos ($p < 0,01$) en peso fresco y rendimiento. Los tratamientos con compost incrementaron significativamente el rendimiento 9,02 kg/m², superando en 45% al testigo (6,20 kg/m²). El análisis económico confirmó la viabilidad de las enmiendas orgánicas, destacando el tratamiento T3 (2 kg/m² compost + 20% lixiviado) con la mejor relación beneficio/costo (2,07). Se recomienda la aplicación de compost como práctica efectiva y rentable para el cultivo de col rizada en el altiplano paceño.

ABSTRACT

Kale (*Brassica oleracea* var. *Sabellica*) is a highly nutritious vegetable whose sustainable cultivation is of growing interest. In the Bolivian highlands, it faces challenges such as low yields due to inadequate fertilization. This research evaluated the effectiveness of organic amendments, such as compost and vermicompost leachate, as alternatives to improve crop productivity and profitability, reducing dependence on synthetic inputs.

This study evaluated the effect of compost doses (2 and 3 t/ha) and vermicompost leachate levels (10% and 20%) on agronomic variables of kale under protected conditions in Kallutaca, La Paz. Orthogonal contrasts determined that compost was crucial for crop success, showing highly significant effects ($p < 0.01$) on fresh weight and yield. Compost treatments yielded up to 9.02 t/ha, significantly exceeding the control (6.20 t/ha). The economic analysis confirmed the viability of organic amendments, with treatment T3 (2 t/ha compost + 20% leachate) showing the best benefit/cost ratio (2.07). Compost application is recommended as an effective and profitable practice for kale cultivation in the La Paz plateau.

1. INTRODUCCIÓN

La col rizada (*Brassica oleracea* var. *Sabellica*) ha incrementado su demanda global debido a su excepcional valor nutricional, posicionándose como un cultivo promisorio para el altiplano boliviano, por su excepcional valor nutricional, siendo rica en vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes. En el altiplano boliviano, su cultivo enfrenta limitantes como bajos rendimientos debido a prácticas de fertilización inadecuadas y condiciones edafoclimáticas restrictivas. Esta investigación evaluó el efecto de enmiendas orgánicas (compost y lixiviado de vermicompost) como alternativas sostenibles para mejorar la productividad del cultivo, reduciendo la dependencia de insumos sintéticos y promoviendo sistemas agrícolas resilientes en Kallutaca - La Paz.

Terranova (2007), argumenta que la col rizada es una hortaliza muy útil que brinda muchos beneficios a los seres humanos, especialmente en términos de nutrición y salud, y puede ser consumido cuando está fresco, ya sea crudo o cocido. Este alimento es rico en vitaminas, minerales, fibra y ácidos grasos. Actualmente se cultiva en climas templados de Asia y en los trópicos. Las variedades de col se agrupan en: hoja rizada, col verde, col morada y col china de hojas algo cerradas que no alcanzan a formar la cabeza. Luna *et al.* (2015), menciona que en Ecuador en los últimos años se ha dado un crecimiento acelerado en la agricultura, con la inclusión de nuevos cultivares hortícolas como la col rizada y para ello se han llevado a cabo estudios bioagronómicos para probar la eficacia y adaptabilidad de la planta. Por otro lado, para el desarrollo óptimo del cultivo de la col rizada demanda una elevada aplicación de fertilizantes minerales y pesticidas tales son elementos básicos esenciales para aumentar los rendimientos agrícolas. Los abonos orgánicos tienen una serie de ventajas a la hora de cultivar, algunos de estos beneficios son: Aporte de nutrientes ya que ayudan al desarrollo de los cultivos ya que aportan macro y micronutrientes además de mejorar la calidad del suelo, enriquecen el suelo con materia orgánica lo que mejora la estructura del suelo y la retención de agua. Por otro lado, el efecto del lixiviado sobre el rendimiento de la col rizada puede depender de varios factores, como la composición del lixiviado y la concentración de nutrientes y compuestos presentes en él. Sin embargo, no se encontraron resultados específicos directamente relacionados con el efecto de los lixiviados en el rendimiento de este cultivo. Es posible que la información específica sobre este tema no esté disponible en los resultados de búsqueda actuales. Dicho esto, los diferentes abonos orgánicos y el lixiviado puede tener un efecto positivo en el cultivo de la col rizada ya que consiste en evaluar cuál es el tipo de abono orgánico y el nivel del lixiviado

óptimo para mejorar el crecimiento y desarrollo de la col rizada, con el fin de aumentar su rendimiento y calidad del producto final. También es importante considerar los efectos de los diferentes abonos y el lixiviado en los aspectos nutricionales y sostenibilidad del cultivo.

Antecedentes

La col rizada ha experimentado un aumento significativo en su popularidad y demanda debido a su perfil nutricional excepcional, siendo rica en vitaminas (A, C, K), minerales, fibra y compuestos antioxidantes. Este incremento en el consumo ha impulsado la búsqueda de sistemas de producción sostenibles que maximicen la calidad del cultivo y minimicen el impacto ambiental (Wang, Li, & Alva 2010).

En este contexto, la agricultura orgánica y la fertilización con enmiendas orgánicas, como el compost, se presentan como alternativas clave. Como señalan Gaskell y Smith (2007), el compost mejora la estructura del suelo, su capacidad de retención de agua y proporciona nutrientes de liberación lenta. Sin embargo, la aplicación de cualquier fertilizante debe ser manejada con precisión. La aplicación excesiva puede conducir a la lixiviación de nutrientes, particularmente de nitratos (NO_3^-), hacia las aguas subterráneas, constituyendo un problema grave de contaminación (Zotarelli *et al.* 2009).

Pérez (2016), indica que los varios estudios que han evaluado el efecto de los abonos orgánicos en el cultivo de la col rizada, un estudio realizado en México comparó el uso de vermicomposta, Jacinto de agua y una mezcla de ambos en plantas de col verde. Los resultados mostraron que el uso de Jacinto de agua estimuló el crecimiento y desarrollo de las plantas, sin diferir de la vermicomposta o la mezcla entre ambos.

1.1. Planteamiento del problema

El cultivo de col rizada (*Brassica oleracea* var. *Sabellica*) se enfrenta a dos problemáticas principales que limitan su potencial productivo y económico en la región. Una fertilización inadecuada que no satisface los requerimientos nutricionales del cultivo, especialmente a partir de la tercera semana después del trasplante, período crítico donde inicia la cosecha continua de hojas. Esta deficiencia se manifiesta en bajos rendimientos, menor calidad comercial y mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades, reduciendo significativamente la rentabilidad para los agricultores.

La agricultura regional se caracteriza por el predominio de monocultivos tradicionales que, si bien saturan los mercados convencionales, dejan escasos espacios para la incorporación de cultivos promisorios como la col rizada. Esta limitante en la diversificación agrícola restringe las oportunidades de mercado y el acceso a consumidores que valoran los superalimentos por sus reconocidas propiedades nutricionales.

Frente a esta problemática, surge la necesidad de investigar alternativas de fertilización orgánica que permitan mejorar la productividad del cultivo de col rizada de manera sostenible. Específicamente, se desconoce el potencial de combinaciones específicas de compost y lixiviados como fuentes de nutrientes que puedan suplir las deficiencias del suelo durante el ciclo crítico de cosecha, optimizando así el rendimiento y la calidad de la cosecha.

1.2. Justificación

La implementación de prácticas agrícolas sostenibles es fundamental para la seguridad alimentaria en el altiplano boliviano. Esta investigación justifica su relevancia al:

- Proporcionar alternativas de fertilización orgánica accesibles para pequeños productores
- Reducir los costos de producción mediante el uso de insumos locales
- Contribuir a la diversificación agrícola con cultivos de alto valor nutricional
- Generar información técnica validada para el manejo agronómico de col rizada en condiciones alto andinas

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de dos dosis de compost y tres niveles de lixiviado de vermicompost en las variables agronómicas de col rizada (*Brassica oleracea* var. Sabellica), en carpa solar en la estación experimental de Kallutaca – La Paz.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Evaluar las variables agronómicas de la col rizada en respuesta a la aplicación de dos dosis de compost
- ✓ Determinar las variables agronómicas de la col rizada por efecto de la aplicación de dos niveles del lixiviado de vermicompost
- ✓ Analizar la interacción del efecto de la aplicación de diferentes dosis de compost y diferentes niveles del lixiviado de vermicompost en las variables agronómicas de col rizada.
- ✓ Comparar los costos parciales de los tratamientos establecidos de la col rizada cultivada en la presente investigación.

1.4. Hipótesis

La interacción de diferentes dosis de compost y diferentes niveles de lixiviados de vermicompost en el rendimiento, altura de planta y número de hojas no tienen diferencias significativas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen

Neugart *et al.* (2014), menciona que la col rizada (*Brassica oleracea* var. *Sabellica*) es una hortaliza de hoja originaria del Mediterráneo, se difundió en Europa ya desde el año 600 D.C., principalmente en el Centro y Norte europeo, la col rizada ha sido cultivado por más de 2.000 años en Europa, fue la hortaliza verde más consumida hasta la Edad Media, cuando los repollos se hicieron más populares. Históricamente ha sido de mayor importancia en regiones frías debido a su resistencia a heladas. En la actualidad, es una hortaliza globalmente cultivada en un amplio rango de latitudes, pero principalmente en el norte y centro de Europa, como también en Norteamérica.

Sánchez (2017), señala que la col rizada es una planta herbácea originaria del norte de Alemania que crece hasta alcanzar los 40 centímetros de altura. Las hojas crecen en forma de rosetas, y son grandes, de hasta 35 cm de longitud, de color verde oscuro y muy rizado. La col rizada es una col con hojas rizadas o lisas, propia del Norte de Alemania. Se cultiva mayoritariamente en el norte de Europa y en la costa noroeste de Norteamérica y en

algunas regiones de México. En Sudamérica se va insertando la producción desde el 2015 en Chile y en Argentina.

2.1.1. Características botánicas

García (2015), indica que la col rizada se desarrolla con similitud a las demás especies de la familia brassicaceae, teniendo como principal característica. *Brassica oleracea* var. Sabellica es el nombre botánico de esta especie perteneciente a la familia Cruciferaeaceae y es conocida de forma común como: col crespa, kale y col rizada, que éste es un cultivo de hoja. A continuación, describimos la morfología de la hortaliza de col rizada de manera general, la cual puede variar entre variedades.

El mismo autor sobre las características botánicas refiere los siguientes puntos:

2.1.1.1. Raíz

La forma de raíz de esta especie es de arraigamiento superficial, con raíz pivotante que alcanza hasta los 80 cm de profundidad, pero cuya masa radical más importante (raíces secundarias, terciarias y raicillas) se concentran en los primeros 40 a 60 cm del perfil del suelo, en especial cuando se destruye la raíz primaria, como ocurre casi siempre al realizar su cultivo por almácigo y trasplante.

2.1.1.2. Tallo

Durante el primer ciclo vegetativo la col rizada forma un tallo largo herbáceo y erecto donde están distribuidos las hojas a lo largo del tallo de manera intercalar, la altura del tallo depende de la variedad y por diversos factores edafoclimáticos.

2.1.1.3. Hoja

Las hojas de esta especie son simples, grandes, irregulares, anchas y de variadas formas según la variedad (ovales, oblongas, rizadas, partidas), lobuladas en su base, pencas gruesas, pueden ser sésiles y de pedúnculo largo, limbo redondeado o elipsoidal, presenta nervaduras muy notorias, presentándose muy gruesa. Los colores de las hojas pueden ser verdes claros, verde oscuro, rojos, sus nervaduras pueden ser verdes o rojas.

2.1.1.4. Flor

Se produce durante el segundo ciclo vegetativo cuando la planta alcanza una altura entre 1,20 a 1,50 m este se ramifica formando racimos florales, las flores en gran número son amarilla o blanquecinas y se disponen en racimo en el extremo.

2.1.1.5. Fruto

Las coles rizadas son plantas bianuales, por lo que producen fruto al segundo año. Sus flores son de color amarillo y las semillas se encuentran en pequeñas vainas. El fruto es una silicua cilíndrica, semejante a una pequeña vaina, dehiscente y glabra de aproximadamente 10 cm de longitud y 4 a 5 cm de ancho y contiene unas 20 semillas 8 por lóculo, las que son redondeadas de superficie irregular y pequeñas (2 mm de diámetro) de coloración marrón.

2.1.1.6. Descripción taxonómica

Sabelatierra (2016), arguye que botánicamente se describe la col rizada como una planta herbácea bienal, que se cultiva como anual. La col rizada es una hortaliza de la que se consumen las hojas, que están insertas en un tallo único que va creciendo hacia arriba y se van cosechando las hojas más antiguas. Esta planta alcanza entre los 40 cm hasta los 1,50 cm de altura, dependiendo la variedad. Si bien prefiere las temperaturas frías o suaves, también puede producir a lo largo del verano, con temperaturas altas.

Cuadro 1. Descripción taxonómica

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Genero	Brassica
Especie	Oleracea L.
N. científico	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Sabellica</i>
N. común	Col rizada

Fuente: Trópicos (2019)

2.1.1.6.1. Ciclo del cultivo

Frezza (2019), menciona que el cultivo de col rizada está comprendido en dos ciclos: 1° ciclo producción vegetativa (de aproximadamente 6 a 7 meses) y el 2° ciclo floración-fructificación- producción de semillas (inducción floral bajas temperatura y días cortos).

2.2. Propagación

2.2.1. Almacigo

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

2.2.2. Preparación del suelo

Para la preparación del suelo de la col rizada es necesario asegurar que sea un suelo rico en nutrientes y materia orgánica. La col rizada prefiere suelos bien drenados, con una capa de materia orgánica que ayude a mantener la humedad del suelo. Además, se recomienda agregar compost o estiércol bien descompuesto al suelo antes del cultivo para mejorar su calidad, es importante también asegurarse de que el pH del suelo esté entre 6 y 7 para un buen crecimiento de la planta.

2.2.3. Trasplante

Pleasant (2016), afirma que nuestras plántulas emergerán de 4 a 7 días después de sembrarlas, es importante siempre mantener la humedad del semillero para que las plantas de col rizada se desarrollen bien. Las plántulas estarán listas para el trasplante cuando comiencen a salir el segundo par de hojas verdaderas. Antes del trasplante, debemos preparar nuestro suelo y aplicar composta. La distancia entre plantas es de 20 a 25 cm dependiendo de la variedad y el espacio disponible. Pueden crecer muy bien en macetas o contenedores.

2.2.4. Siembra

Un huerto en mi balcón (2016), nos aconseja sembrar la col rizada en semilleros, para optimizar el espacio del huerto. Ya que los semilleros de la col rizada y otras coles deben realizarse durante la primavera y el verano y a los 7 días de la siembra estas emergerán.

2.2.5. Labores culturales

Las labores culturales de la col rizada incluyen la preparación del suelo antes de la siembra, la fertilización y el riego adecuados durante el crecimiento, el control de plagas y enfermedades y el mantenimiento del área de cultivo libre de maleza. También se puede requerir la poda y el soporte de las plantas, para mejorar su rendimiento. Es importante realizar estas labores en momentos clave durante las etapas de crecimiento de la col rizada para asegurar el éxito del cultivo.

La preparación del suelo consistió en una labranza convencional que incluyó arado a 30 cm de profundidad y dos rastreadas cruzadas, seguido de un refinamiento para obtener una cama de siembra uniforme. Se incorporó compost como enmienda orgánica en dosis de 10 t·ha⁻¹ durante la preparación final del terreno (UC ANR, 2020).

2.2.6. Riego

Saavedra (2019), señala que el riego es necesario para un buen desarrollo del cultivo, especialmente en las etapas iniciales de almácigo, donde se debe mantener húmedo el sustrato para tener una buena germinación y crecimiento de la plántula, más aún si se siembra en febrero cuando la temperatura ambiental es bastante elevada. Los primeros riegos deben ser los trasplantes durante marzo, la frecuencia dependerá del tipo de suelo y del método de distribución de agua (surco o cinta). El riego se debería realizar hasta el mes de abril, cada vez con menor frecuencia, pero va a depender de la pluviometría. Si no llueve lo suficiente durante el periodo de crecimiento, es recomendable regar durante los siguientes meses.

2.2.7. Cosecha

Wikihow (2016), indica que la col se cosecha aproximadamente 70-95 días después de sembrar y 55-75 días después de transferir a su lugar definitivo, la planta debe tener una 7 altura de al menos ocho pulgadas antes de que coseches las hojas, el tiempo de cosecha varía dependiendo o de cada variedad. Se debe arrancar primero las hojas exteriores si solo estás recolectando las hojas individuales. Si vas a recolectar toda la planta de col rizada se corta el tallo aproximadamente dos pulgadas sobre el suelo con un corte limpio. Esto permitirá que la planta siga produciendo hojas.

2.2.8. Requerimientos edafoclimáticos

Temperatura

Wikihow (2016), refiere la col rizada se desarrollan con normalidad en temperaturas entre 7°C y 35°C, siendo que estos cultivos pueden resistir temperaturas más bajas después del primer mes de desarrollo. Si bien puede cultivarse en cualquier época del año, la temperatura ideal para esta planta ronda entre los 25°C soportando heladas de hasta - 7°C y aproximadamente temperaturas altas hasta los 35°C.

Según Huertos ecológicos (2016), la col rizada se desarrolla entre 5°C y 35°C, siendo una temperatura óptima de 20°C a 30°C.

Requerimientos Edáficos (Suelo)

La col rizada es adaptable a una variedad de suelos, pero su máxima productividad se alcanza en condiciones edáficas específicas. El tipo de suelo ideal es franco, con un drenaje excelente y un alto contenido de materia orgánica (Maynard & Hochmuth, 2007).

Un factor crítico es el pH del suelo. El rango óptimo se sitúa entre 6.0 y 7.5. Mantener el pH en este intervalo es esencial no solo para la disponibilidad de nutrientes, sino también para la prevención de enfermedades como la hernia de la col (*Plasmodiophora brassicae*), la cual se ve severamente favorecida en suelos ácidos (University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, *s.f.*).

En cuanto a la fertilidad, es un cultivo considerado exigente en nutrientes, particularmente en Nitrógeno (N), el cual es fundamental para el desarrollo vigoroso de la masa foliar

(Filgueira, 2000). Además, requiere niveles adecuados de Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y micronutrientes como el Boro (B). La deficiencia de Boro, común en algunos suelos, puede manifestarse en deformaciones del crecimiento y necrosis en las hojas jóvenes (Rubatzky & Yamaguchi, 2012). Por ello, se recomienda encarecidamente la realización de un análisis de suelo para fundamentar cualquier programa de fertilización.

2.2.9. Abonado

Sierra (2018), refiere que las hortalizas de hoja son grandes consumidoras de nitrógeno, y es por ello que se necesita abonar con fertilizante animal o vegetal después de la descomposición o procesamiento, para obtener el mejor rendimiento y mejorar las condiciones del suelo, si se agrega compost definitivamente será rico en nitrógeno, porque la col rizada es una verdura de hoja, y además que ayudará a la porosidad del suelo.

2.2.10. Requerimientos nutricionales del suelo para el cultivo de col rizada

2.2.10.1. Macronutrientes Primarios

2.2.10.1.1. Nitrógeno (N):

Función: Es el nutriente más crítico para la col rizada, ya que determina directamente el crecimiento vegetativo, el tamaño, el color y el rendimiento de las hojas.

Requerimiento: Es un cultivo de alta demanda de N. Se recomiendan aplicaciones que varían entre 150 a 200 kg de N por hectárea, dependiendo del análisis de suelo y la materia orgánica presente (Lorenz & Maynard, 1988).

2.2.10.1.2. Fósforo (P):

Función: Esencial para el desarrollo radicular, la transferencia de energía y el establecimiento temprano del cultivo.

Requerimiento:

Las recomendaciones oscilan entre 50 a 80 kg de P_2O_5 por hectárea. La disponibilidad es máxima cuando el pH del suelo está entre 6.0 y 7.0 (Maynard & Hochmuth, 2007).

2.2.10.1.3. Potasio (K):

Función: Juega un papel vital en la regulación del agua, la síntesis de proteínas y la calidad general de la planta. Mejora la resistencia al frío y a algunas enfermedades.

Requerimiento: Las necesidades son altas, similares a las de nitrógeno, con recomendaciones de 150 a 200 kg de K_2O por hectárea (Lorenz & Maynard, 1988).

2.2.11. Macronutrientes Secundarios

2.2.11.1. Calcio (Ca):

Función: Fundamental para la integridad de las paredes celulares y la calidad de la hoja.

Requerimiento: Aunque las necesidades no son tan cuantitativas como las de N-P-K, su disponibilidad es crucial. Su absorción se ve severamente afectada por estrés hídrico o exceso de otros cationes como el amonio (NH_4^+) (Hochmuth & Cordasco, 2000).

2.2.11.2. Magnesio (Mg):

Función: Componente central de la molécula de clorofila.

Requerimiento: Se recomiendan aplicaciones de 20 a 40 kg de Mg por hectárea en suelos deficientes.

2.2.12. Propiedades nutricionales

Mondino (2019), afirma que, debido a su valor nutricional y sus beneficios para la salud, es una excelente fuente de vitaminas K, A, C, B6, B2 y E, fibra, calcio y potasio. A su vez tiene un alto contenido de vitaminas A y C, micronutrientes (hierro, zinc y manganeso), 6 macronutrientes (calcio y magnesio), fenoles, carotenoides, glucosinolatos. Una porción de la col rizada aporta más del 40% de vitamina A y del 10% de vitamina C, de lo que se recomienda consumir diariamente.

Cuadro 2. Valor nutricional de la col rizada para la ingesta humana

Valor nutricional	Ingesta de referencia
Energía	21(kcal)
Carbohidratos	3,3 (g)
Proteínas	0,9 (g)
Grasa	0,4 (g)
Fibra	1 (g)
Agua	93 (%)
Potasio	529 (mg)
Magnesio	49 (mg)
Calcio	43(mg)
Hierro	2,2 (mg)
Fósforo	0,07 (mg)
Vitamina C	38 (mg)
Polifenoles	63,2 (mg)

Fuente: USDA (2019)

2.3. Abonos orgánicos

Rodríguez (2016), refiere que la tierra es la base de la cadena alimenticia, ya que contiene nutrientes indispensables para la salud de las plantas por consiguiente, el medio ambiente. A través de la vitalidad del agua y de algunos insectos y animales, la tierra recibe sustancias para el desarrollo del ciclo de la vida.

2.3.1. Compost

Para Cajamarca (2012), el compost es un abono orgánico que resulta de la descomposición de residuos sólidos de origen animal y vegetal, donde la materia orgánica proveniente es sujeto a un proceso de descomposición por medio de una gran variedad de microorganismos en un medio húmedo y aireado para dar en su etapa final un material rico en humus, muy utilizado en el mejoramiento o enmienda orgánica de suelos empobrecidos y agotados.

2.3.1.1. Ventajas del compost

Peña *et al.* (2002), mencionan que desde el punto de vista ecológico e industrial las ventajas del compostaje se manifiestan en la eliminación y reciclado de muchos tipos de residuos solventando los problemas que ocasionaría su vertido, y en la obtención de materiales apropiados para su uso en la agricultura. En este último sentido se persigue aumentar la similitud entre la materia orgánica de los residuos y el humus de los suelos, eliminar productos tóxicos que puedan permanecer en los residuos por la descomposición incompleta de los materiales, y aumentar la estabilidad biológica o resistencia a la biodegradación, con lo que se resuelven o atenúan los efectos desfavorables de la descomposición de los restos orgánicos sobre el propio suelo.

2.3.1.2. Propiedades físicas del compost

ASEM (1999) citado por Mollinedo (2009), señala que la influencia de las aplicaciones del compost en las propiedades físicas del suelo está relacionada con la mejora de la estructura de este, lo que se puede traducir en:

- Mejora de la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactos y cohesionando los suelos sueltos y arenosos.
- Confiere un color oscuro al suelo debido a la materia orgánica, ayudando a la retención de energía calorífica, lo que provoca un aumento moderado de la temperatura del suelo, que influye favorablemente en los procesos biológicos.
- Aumento de la porosidad, facilitando el drenaje y también la aireación y respiración de las raíces.
- Aumenta la capacidad de retención de nutrientes del suelo, por lo que se aumenta la fertilidad de este.
- Aumenta la infiltración y permeabilidad. Aumenta la permeabilidad de los suelos de arcilla y aumenta la capacidad de retención de agua de los suelos arenosos.
- Reduce la erosión del suelo, favoreciendo el crecimiento radicular y la capacidad de retención de la humedad, lo cual, junto a la formación de agregados como las arcillas, lo hace un buen agente preventivo de los problemas de desertización.
- Mejora el laboreo al dar más esponjosidad al terreno.

2.3.1.3. Propiedades químicas de compost

Aubert (1998) citado por Mollinedo (2009), menciona que las propiedades químicas del compost son:

- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampón.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico "CIC" (mayor que las arcillas).
- Facilita el abonamiento químico y hace que los minerales se disuelvan mejor.
- Su riqueza en oligoelementos como hierro, magnesio, cinc, boro, molibdeno, cobre lo convierte en un fertilizante completo. Aporta a las plantas sustancias necesarias para su metabolismo.
- Se puede utilizar sin contradicciones, ya que no quema las plantas las más delicadas en suelos 14 ácidos. En suelos ácidos, incrementa el pH, con lo que puede utilizarse como enmienda en estos suelos.

2.3.1.4. Propiedades biológicas del compost

Koni (2007), menciona que las propiedades biológicas del compost son:

- El compost incentiva la coexistencia de diversas especies de microorganismos y se incrementa la micro flora del suelo.
- Aumenta y mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que los retiene
-
- impidiendo que el agua que lo atraviesa se lleve los nutrientes solubles.
- Estimulación del crecimiento vegetal, acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color. Al mejorar el estado general de las plantas aumenta su resistencia al ataque de plagas y patógenos y la resistencia a las heladas.
- Los ciclos de nutrientes esenciales y de otros macro y micronutrientes se ven favorecidos a través de una adecuada mineralización de la materia orgánica, que asegura un continuo y gradual suministro de nutrientes a la solución del suelo, para ponerlos a disposición de la planta.

- Transformación de nitrógeno soluble en nitrógeno orgánico (en el cuerpo de microorganismos) evitando su pérdida por lixiviación o como amoníaco en el aire.

2.3.2. Lixiviado de vermicompost

Atiyeh *et al.* (2000), afirma que los lixiviados de compost se obtienen de la adición de agua al compost aeróbico maduro, de donde resulta un líquido oscuro e inodoro, que posee nutrientes solubles y microorganismos benéficos. Este tipo de producto se diferencia de los extractos de compost, que provienen de la mezcla fermentada que se obtiene de colocar en un saco el material y este a su vez en un recipiente de agua durante una a dos semanas; su primer beneficio es como fertilizante líquido. Asimismo, se distinguen del té de compost, que se obtiene al colocar material maduro de compost en agua, a través de una oxigenación continua, para recoger un extracto alimentado con una fuente energética, que permite el crecimiento de microorganismos benéficos.

2.3.2.1. Propiedades biológicas del lixiviado

2.3.2.2. Enriquecimiento microbiológico del suelo

El lixiviado de vermicompost inocula el suelo con microorganismos beneficiosos que mejoran la rizósfera de la col rizada. Edwards *et al.* (2004), demostraron que estos consorcios microbianos incrementan la diversidad biológica del suelo, favoreciendo la formación de biopelículas protectoras alrededor de las raíces. Esto es particularmente importante en col rizada, donde el sistema radicular superficial se beneficia de la protección contra patógenos tellúricos.

2.3.2.3. Supresividad de enfermedades radiculares

Arancon *et al.* (2006), identificaron que la aplicación de lixiviado reduce significativamente la incidencia de *Fusarium oxysporum* y *Pythium* spp. en crucíferas. La col rizada tratada con lixiviado mostró un 45% menos de daño por hongos fitopatógenos, atribuido a la acción combinada de *Bacillus* spp. y *Trichoderma harzianum* presentes en el extracto.

2.3.2.4. Bioestimulación del crecimiento

Pant *et al.* (2012), cuantificaron fitohormonas en lixiviados y su efecto en brassicas:

- Auxinas (AIA): 3.8-4.2 µg/ml
- Citoquininas: 1.2-1.8 µg/ml
- Giberelinas: 0.9-1.3 µg/ml

En ensayos con col rizada, esto se tradujo en:

- 30% mayor desarrollo radicular
- 25% incremento en área foliar
- 18% mayor contenido de clorofila

2.3.2.5. Activación de defensas sistémicas

Sinha *et al.* (2010), reportaron que los ácidos húmicos del lixiviado inducen expresión de genes de defensa en col rizada:

- Sobreexpresión de quitinasas y β -1,3-glucanasas
- Incremento en síntesis de fitoalexinas
- Fortalecimiento de paredes celulares

2.3.2.6. Mejora en la nutrición vegetal

Yadav y Garg (2011), determinaron que las fosfatasas microbianas del lixiviado incrementan la disponibilidad de fósforo en 35-40%, crucial para la formación de hojas en col rizada. Adicionalmente, los sideróforos bacterianos solubilizan hierro, mejorando la síntesis de clorofila.

2.3.2.7. Obtención y usos del lixiviado de lombriz

El material se coloca en canoas de madera, que se recubren con plástico negro y se inclinan para recoger el lixiviado final. Se adiciona cuidadosamente agua hasta sobresaturar el material, con lo que se consigue que el líquido, por acción de la gravedad e inclinación de la canoa, recorra por esta para al final recoger . El líquido se reincorpora nuevamente al material, con el fin de lavar y recolectar la mayor cantidad posible de nutrientes y microorganismos. Esta recirculación se puede realizar durante cinco días seguidos. (www.

Lombrices rojas, abril del 2003).

2.3.2.8. Composición química del lixiviado

La composición química de los lixiviados de vertedero y del compost maduro presenta contrastes significativos que reflejan su origen y estabilidad. Por un lado, el lixiviado se caracteriza por ser un efluente líquido con alta carga contaminante, donde Kjeldsen *et al.* (2002), reportan un pH que puede variar de ácido a alcalino (5,5 - 8,5), una elevada conductividad eléctrica (5.000 - 50.000 $\mu\text{S/cm}$) que indica una gran concentración de sales solubles, y un contenido considerable de nitrógeno (50 - 2.500 mg/L), si bien este se encuentra predominantemente en forma amoniacal. Por otro lado, el compost, como producto final de la descomposición controlada de materia orgánica, exhibe parámetros más estables y aptos para su uso agronómico. Según Haug (1993), un compost maduro presenta un pH en un rango neutro a ligeramente alcalino (6,5 - 8,5) y una conductividad eléctrica (1 - 10 dS/m, equivalente a 1.000 - 10.000 $\mu\text{S/cm}$) generalmente menor que la de un lixiviado, aunque aún debe monitorizarse para evitar fitotoxicidad. En cuanto a los macronutrientes, mientras que en el lixiviado el NPK se encuentra en forma soluble y desbalanceada, en el compost estos elementos están integrados en la matriz sólida y estabilizada, con contenidos de nitrógeno (0,8 - 3,0%), fósforo (0,3 - 1,5%) y potasio (0,5 - 2,5%) que lo convierten en una valiosa enmienda del suelo (Cooperband, 2002).

Cuadro 3. Análisis químico del lixiviado

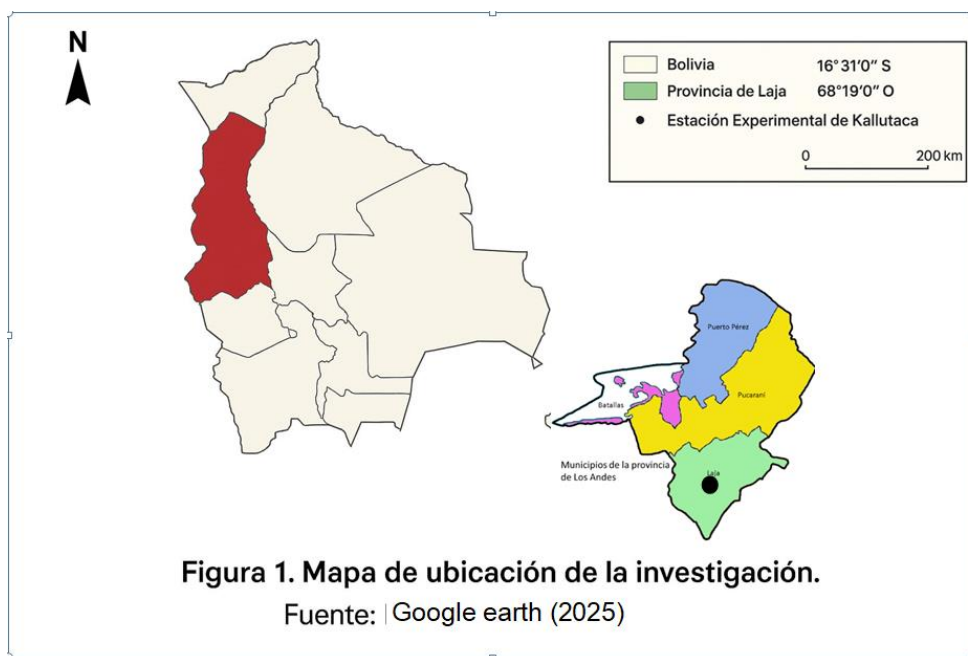
Parámetros	Símbolo	Unidad	Rango	Observaciones
pH	pH	-	5,5	Indica acidez o alcalinidad. Varía con la edad del vertedero.
Conductividad Eléctrica	CE	$\mu\text{S/cm}$	5,000-50,000	Medida de la salinidad y contenido total de iones disueltos.
Nitrógeno	N	mg/L	50-2,500	Principalmente en forma de Nitrógeno Amoniacal (NH_4^+-N).
Fósforo	P	mg/L	0,5-30	Generalmente presente en bajas concentraciones respecto al N y K.
Potasio	K	mg/L	50-2,000	Suele encontrarse en concentraciones significativas.

Fuente: Haung (1993) y Cooperband (2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

2.4. Localización

La investigación se realizó en la Estación Experimental de Kallutaca en la carrera de Ingeniería Agronómica, el cual está ubicada en el municipio de Laja del departamento de La Paz, geográficamente Kallutaca está situada $16^{\circ}31'0''$ S y $68^{\circ}19'0''$ N y una altitud de 3,935 m.s.n.m.

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación.

2.4.1. Características Edafoclimáticas

2.4.1.1. Clima

Estación meteorológica Kallutaca (2010), menciona que la zona de Kallutaca presenta una temperatura media anual de 7,1°C. La temperatura promedio es de 19,5 °C y los meses más fríos de mayo a agosto con una temperatura de -10,1 °C. La precipitación promedio anual es de 613,1 mm, de los cuales el 69 % cae en los meses de diciembre a marzo y el 31% en los meses restantes del año, la humedad relativa promedio de la zona es de 53,3%.

2.4.1.2. Suelo

Trigo (2007), indica las características edafológicas de la zona de referencia presentan suelos configurados de arena y arcilla, con un declive de 2-5%, la condición física del suelo es arable, los suelos son poco profundos de 15 a 30 cm, la capa arable presenta una textura de franco arcilloso, con una habilidad de retención de agua moderada, la col rizada necesita de un pH neutro 6 a 6.5.

2.4.1.3. Vegetación

La zona de estudio presenta una diversidad de especies vegetales perennes y arbustivas, las mismas son consideradas plantas invasoras para el cultivo de cañahua, Las especies de estrato bajo se encuentran como Chiji (*Distichlis humilis* Phil); Cebadilla (*Bromus uniolooides* Balh); Diente de león (*Taraxacum officinale* Weber); Bolsa de pastor (*Capsella bursa-pasrori* L.); Auja-auja (*Erodium cicutarum* L.); K'oralupu-lupu (*Tarasa tenella* Krapov.); Mostaza (*Brassica rapa* L.); Munimuni (*Bidens andiloca* Kunth), entre otras.

2.5. Materiales

2.5.1. Material de estudio

3.2.2. Material vegetal

a) **Semilla** Para la investigación se utilizó semilla de col rizada de la variedad Sabellica.

3.2.3. Material orgánico

a) **Compost** se obtuvo de la estación experimental de Kallutaca del módulo de bioabonos del proceso de compostaje.

b) Lixiviado de vermicompost el lixiviado se adquirió de la estación experimental de Kallutaca del módulo de bioabonos para la aplicación de diferentes niveles.

2.5.4. Material de campo

- Semillero o caja de almácigo (caja de madera de 50 cm x 50 cm y una altura de 10 cm)
- Flexómetro
- Vernier
- Balanza digital
- Atomizador o mochila de fumigar
- Termómetro ambiental
- Cintas de goteo
- Acople de llave (Para las cintas de goteo).
- Gromet (16 m m)
- Tapón cinta de goteo (16 m m)
- Tapón hembra PVC
- Picota
- Rastrillo
- Motocultor
- Malla semisombra
- Canastilla
- Bañadores
- Tachos
- Tijeras
- Malla semisombra
- Selladora

2.5.5. Material de gabinete

- Planilla de datos
- Lapiceros
- Laptop
- impresora

2.6. Metodología

La investigación se realizó en una carpa solar ubicada en el módulo de bioabonos donde sus dimensiones fueron: 6 m de ancho y 12 m de largo está cubierto de agrofilm situada en la carrera de ingeniería agronómica sede Kallutaca.

2.6.1. Procedimiento experimental

Muestreo y análisis del suelo

La toma de muestras (anexo 7), se realizó posteriormente a la preparación del suelo, el método que se empleó fue de muestra compuesta y se llevó al laboratorio de spectrolab para su respectivo análisis, los parámetros a analizar fueron; densidad aparente, textura pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio intercambiable, carbonatos, capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica.

Preparación de sustrato de almácigo

Se efectuó el almácigo en una caja de madera de 50 cm x 50 cm y una altura de 10 cm, con un sustrato cernido de la relación siguiente: 40% suelo del lugar, 20% estiércol y 20% turba y 20% de arena.

Selección del sustrato

Se seleccionaron diferente sustrato adecuado para el almácigo (anexo 8), como una mezcla de turba, compost, estiércol de ovino arena y suelo del lugar debidamente cernida y desinfectada.

Desinfección del sustrato

La desinfección del sustrato se realizó por insolación, se procedió a extender el sustrato previamente seco, se expuso el sustrato en un área soleada aproximada por semanas durante 6 horas al día una vez que evaluamos el sustrato evaluamos que no tenga ningún olor desagradable para que ya pueda ser útil.

Siembra del almácigo

Una vez mezclada el sustrato del almácigo se realizó la nivelación y empezamos a abrir celdas en hilera para así proceder a colocar las semillas en cada hoyo con la distancia de dos milímetros y luego posteriormente tapar las celdas con el mismo sustrato (anexo 9). Por última acción tapamos con un nylon para que pueda ser cubierto por los rayos del sol y mantenga su propio microclima.

2.6.1.1. Fase de instalación experimental

a) Preparación del suelo

La preparación del suelo consistió en desmalezar todo el terreno y poder remover el suelo inicialmente con la ayuda de la picota, luego procedimos mezclar el suelo del lugar adicionando materia orgánica (compost), eliminando rocas y objetos que puedan perjudicar el trabajo con el motocultor (anexo 11) para que la remoción del suelo sea uniforme luego se procedió a regar el terreno para que al día siguiente el terreno pueda estar a capacidad de campo y así poder formar los camellones (anexo 10) y la instalación del sistema de riego.

2.6.1.2. Demarcación de unidades experimentales

Se utilizó un terreno con las dimensiones del área de estudio será dividida de 3 bloques 4 tratamientos y 1 testigo con un total de 15 unidades experimentales. Más adelante se explica el croquis de la investigación.

2.6.1.3. Trasplante

Se realizó el trasplante cuando las plantas alcanzaron un tamaño de 8 a 10 cm (anexo 12), el trasplante se realizó a las 3 p.m. y una vez que se terminó el trasplante se regó a las 6 p.m., por 20 min. En esa etapa se designó plantas al azar para realizar las respectivas tomas de datos, el suelo se preparó debidamente para recibir las plántulas. Se cuidaron las plantas durante el trasplante para evitar dañar las raíces y se aseguró mantenerlas bien regadas durante las primeras semanas.

2.6.1.4. Refalle

Una vez que se observó un porcentaje de mortandad de las plantas debido a que estas plantas atravesaron diferentes circunstancias como el mal procedimiento de algunas plantas al realizar el trasplante, el ataque de algunas plagas como ser babosas (*Deroceras reticulatum*) y tijeretas (*Forficula auricularia*), se observó que estas plagas fueron comiéndose las hojas tiernas recién trasplantadas se observó ausencia de hojas en las plantas, estas también fueron remplazadas con nuevas plantas .

2.6.1.5. Riego

El riego fue por el método de cintas a goteo con auto compensantes (anexo 14), la densidad fue 20 cm entre emisores. Se regó con frecuencia cada dos días los auto compensantes ayudaron y proporcionó una cantidad de agua constante.

2.6.2. Labores culturales

2.6.2.1. Control de malezas

Con el fin de mantener el cultivo libre de malezas se realizó de manera manual el deshierbe de malezas (anexo 14), con el objetivo de evitar la competencia de nutrientes y propagación de enfermedades y plagas para tener un buen control y manejo del cultivo.

2.6.2.2. Manejo de plagas y enfermedades

Como se explicó anteriormente desde el momento del trasplante se pudo observar plagas como ser la babosa (*Deroceras reticulatum*), tijeretas (*Forficula auricularia*), pulgón (*Myzus persicae*) (anexo 15), estas plagas acompañaron en el transcurso de esta investigación, las plagas fueron controladas con la aplicación de ceniza alrededor de las plantas(anexo 16) para el control de las babosas y tijeretas, también con un preparado de locoto debidamente licuado y fermentado con una relación de 2 litros de agua con adherente (jabón), este preparado ayudo a reducir la propagación específicamente de pulgones ya que estas se vieron en el cultivo.

2.6.2.3. Cosecha

A lo largo del desarrollo de las plántulas se cosechó las hojas a un mes de que se desarrollaron, luego consecutivamente por semana durante 3 meses se cosecharon solo las hojas dejando las hojas pequeñas para que continúe desarrollándose.

2.6.2.4. Protocolo de cosecha

- La cosecha de col rizada se realizó de forma manual, siguiendo un sistema de cosecha continua que permitió mantener la planta en producción durante todo el ciclo evaluado. El protocolo establecido fue el siguiente:
- Se cosecharon exclusivamente las hojas basales que alcanzaron una longitud entre 12-15 cm.
- Se mantuvieron las hojas superiores y el meristemo apical para permitir el desarrollo continuo de la planta.
- El punto de corte se realizó en la base del pecíolo, utilizando tijeras de podar previamente desinfectadas.

Cosechas

- Primera cosecha: Se realizó a los 30 días después del trasplante.
- Cosechas sucesivas: Se efectuaron semanalmente durante un período de tres meses.
- Frecuencia: Recolección sistemática cada 7 días para mantener la calidad comercial del producto.

Manejo postcosecha:

1. Limpieza: Las hojas que presentaron residuos de lixiviado fueron lavadas con agua potable.
2. Selección: Se descartaron las hojas con daños mecánicos, plagas o enfermedades
3. Acondicionamiento: Las hojas seleccionadas fueron embolsadas en material apropiado para hortalizas.
4. Sellado: Los empaques fueron herméticamente cerrados para mantener la frescura.

5. Pesado: Se registró el peso fresco comercializable utilizando una balanza digital .
6. Registro: Todos los datos fueron documentados en formatos preestablecidos (Anexo 18).

Este protocolo permitió estandarizar el proceso de cosecha, asegurando la comparabilidad entre tratamientos y la calidad del dato para el análisis estadístico posterior.

2.6.2.5. Aplicación de tratamientos

3.3.3.5.1. Aplicación de compost

Las dos dosis de compost planteados en el estudio se aplicaron al momento de la siembra a razón de 2 kg/m² .

Las aplicaciones de compost se realizaron a los 30 días después del trasplante, las aplicaciones del compost fueron más consecutivas en este caso de 2 veces al mes debido a que su descomposición lenta, las dosis de compost se esparcieron debidamente en cada unidad experimental con la ayuda de un rastrillo y chuntilla para mezclarlo con el suelo para su descomposición adecuada, la aplicación de las dosis de compost fue de 2 y 3 kg/m². El compost se obtuvo de la estación experimental de Kallutaca del módulo de bioabonos.

3.3.5.2. Aplicación de lixiviado vermicompost

Los niveles de lixiviado en el inicio de esta etapa se aplicaron después del trasplante cada dos semanas en las tardes a partir de las 4 p.m., por el ingreso a la etapa de invierno se aplicó a la una vez por semana o cuando las plantas lo necesitaban ya que esta época fue la más crítica, las heladas fueron recurrentes, la aplicación de lixiviados fueron casi frecuentes ya que este abono líquido fue aplicado foliarmente y este actuó como una barrera para las plagas y enfermedades, el lixiviado fue aplicado con los niveles de 10% y 20% estas fueron aplicadas a partir de las 4 p.m. esto fue para evitar la volatilización. El lixiviado se obtuvo del módulo de bioabonos producto del lixiviado del proceso de vermicompostaje.

Cuadro 4. Aplicación de tratamientos

Tratamientos	Dosis de Compost por parcela	Equivalente (4,4 kg/m ²)	Lixiviado	Método de aplicación de lixiviado
T ₁	2 kg	0,455 kg/m ²	10%	Foliar
T ₂	2 kg	0,455 kg/m ²	10%	Foliar
T ₃	3 kg	0,682 kg/m ²	20%	Foliar
T ₄	3 kg	0,682 kg/m ²	20%	Foliar
T ₀	0	0	0%	-

2.6.3. Diseño experimental

Se implementó un diseño factorial 2² (dos dosis de compost y dos niveles de lixiviado) con un testigo añadido bajo un diseño de bloques al azar (DBCA). El experimento constó de 3 bloques (4 tratamientos + 1 testigo) en total 15 unidades experimentales.

Dónde:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Observación del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque.

μ = Media general del ensayo.

β_j = Efecto del j-ésimo bloque.

α_i = Efecto del i-ésimo del tratamiento .

ε_{ij} = Error experimental aleatorio.

2.6.4. Factores de estudio

Los factores de estudio fueron: Factor A con dos dosis de compost y Factor B con dos niveles de lixiviado tales como se muestran en los siguientes Cuadros.

Factor A

Factor A (Dosis de compost)
a ₁ : 2 kg/m ²
a ₂ : 3 kg/m ²

Fuente: Elaboración propia

Factor B

Factor B (Niveles de lixiviado)
b ₁ : 10%(10 ml en 90 ml de agua)
b ₂ : 20%(20 ml en 80 ml de agua)

Fuente: Elaboración propia

2.6.5. Formulación de tratamientos

$T_1 = a_1 b_1$ Dosis de compost 2 kg/m² +10% de lixiviado

$T_2 = a_2 b_2$ Dosis de compost 3 kg/m² + 20% de lixiviado

$T_3 = a_1 b_2$ Dosis de compost 2 kg/m² + 20% de lixiviado

$T_4 = a_2 b_1$ Dosis de compost 3 kg/m² + 10% de lixiviado

$T_5 = \text{Testigo}$ Sin enmiendas

2.6.6. Contrastes ortogonales planificados

Con el objetivo de particionar la suma de cuadrados de tratamientos en componentes independientes y responder preguntas específicas de la investigación, se establecieron los siguientes contrastes ortogonales:

Cuadro 5. Contrastes planificados.

Contrastes	Hipótesis	Coefficientes (Testigo, T1,T2,T3,T4)
C1	Testigo vs Tratamientos con enmiendas	(-4, +1, +1, +1, +1)
C2	Efecto principal del compost (a1 vs a2)	(0, -1, -1, +1, +1)
C3	Efecto principal del lixiviado (b1 vs b2)	(0, -1, +1, -1, +1)
C4	Interacción compost vs Lixiviado	(0, +1, -1, -1, +1)

Fuente: Elaboración propia

2.6.7. Variables de respuesta

Las variables de respuesta se evaluaron 7 plantas de cada unidad experimental al azar, se identificaron con sus respectivos marbetes desde M₁ a M₇ los cuales se registraron después de evaluar en las planillas correspondientes.

Las variables de respuesta del presente trabajo de investigación planteadas fueron los siguientes:

2.6.7.1. Altura de planta (cm)

Se midió la altura de la planta (anexo 19), con la ayuda de un flexómetro o regla desde la base del tallo hasta la el ápice de la hoja superior de forma recta se tomó las medidas en (cm) se realizó después del trasplante y cada cosecha . Las muestras elegidas según el croquis se evaluaron cada 7 días.

2.6.7.2. Diámetro del tallo (m m).

Se procedió a medir del cuello de la planta con la ayuda de un vernier en cada muestra la variable se midió en (m m) esta se midió a partir de los dos meses de la investigación se midió una vez durante la investigación.

2.6.7.3. Número de hojas

Se realizó el conteo de hojas en las 15 unidades experimentales en cada cosecha de esta variable se expresó en número de hojas por planta el número de hojas se realizó el conteo una vez a la semana y debidamente pesadas por unidad experimental con la ayuda de una balanza.

2.6.7.4. Peso fresco (g)

Se pesó las hojas de las 15 unidades experimentales realizando cortes de forma escalonada es decir desde la parte inferior hasta la parte superior con la ayuda de una balanza y se fue registrando el peso de cada una de las muestras para luego embolsar y comercializar está variable se expresó en (g) por planta para así poder obtener el peso foliar de las unidades experimentales

2.6.7.5. Peso seco (g)

Para esta variable de respuesta se utilizó las hojas cosechadas antes de que las hojas ingresen al horno fueron pesadas en fresco de las muestras correspondientes (anexo 20), luego se procedió a colocar las muestras en el horno se desecación a una temperatura de 65 °C por 72 horas una vez obtenidas se procedió a pesarlas y registrarlas debidamente.

2.6.7.6. Rendimiento

Para obtener el rendimiento se realizó el peso total de los tratamientos incluida el testigo , con la ayuda de una balanza para así poder determinar el peso al momento de cada cosecha, esta actividad se realizó secuencialmente en cada tratamiento y repetición para luego hacer la transformación de kg/m².

2.6.7.7. Análisis de costos parciales

Para la evaluación económica de los tratamientos se aplicó la metodología de análisis de costos parciales desarrollada por Perrin *et al.* (1979), ampliamente utilizada en la investigación agrícola para comparar la rentabilidad de tecnologías o prácticas de manejo. Este método considera exclusivamente los costos variables directamente atribuibles a cada tratamiento, permitiendo determinar su eficiencia económica marginal.

Según esta metodología, los costos parciales variables representan la suma de todos los costos que varían entre tratamientos, incluyendo insumos específicos, mano de obra especializada y uso de maquinaria (CIMMYT, 1988).

2.6.7.8. Ingreso bruto

$$IB = R * P$$

Dónde:

IB= Ingreso bruto

R= Rendimiento ajustado

P= Precio del producto

2.6.7.9. Ingreso neto

$$BN = IB - CV$$

Dónde:

BN= Beneficio neto (Bs)

IB= Ingreso bruto (Bs)

CV= Costos variables totales del tratamiento (Bs)

2.6.7.10. Tasa de retorno marginal (TRM)

$$TRM = \frac{BN}{CV}$$

TRM = Tasa de retorno marginal (Bs)

BN = Beneficio neto (Bs)

CV = Costos variables totales del tratamiento (Bs)

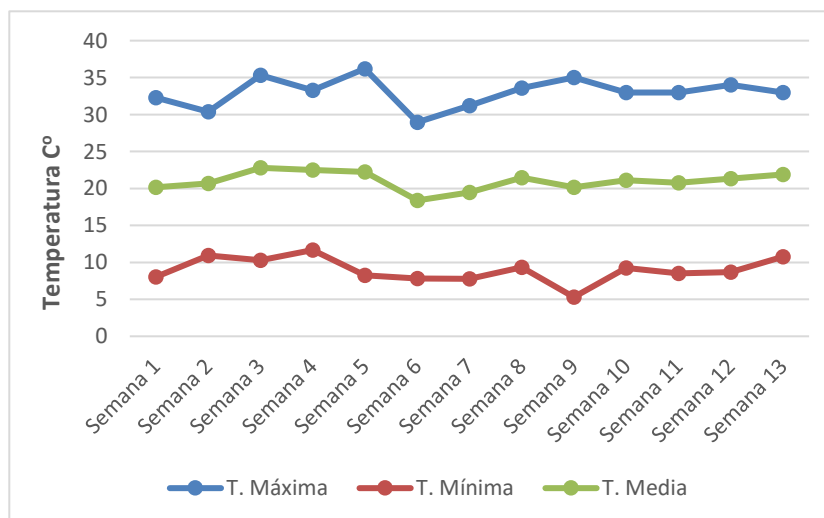
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Temperatura interna

En el presente estudio se registraron las temperaturas máximas y mínimas, desde el trasplante hasta la cosecha del cultivo. Estos datos fueron medidas con la ayuda de un termómetro, situando el mismo en el centro de la carpa solar a la altura de la planta, fueron registrando lo por las mañanas a las 9 am una vez a la semana.

Los datos registrados en la Figura 1, detalla el comportamiento de la temperatura en el periodo de investigación. La mínima extrema registrada fue de 9,3 °C, la máxima extrema de 36.2°C, y la media general 23.80 °C: por lo tanto, las temperaturas encontradas en el presente estudio fueron favorables para el desarrollo del cultivo de la col rizada ya que la temperatura mínima, media y máxima estuvieron dentro del rango permitido. Al respecto Yuste (2007), indica que las temperaturas medias de (13 a 21 °C), son favorables. Temperaturas superiores a (24 °C) puede causar la quema de hojas.

Figura 1. Temperatura, máxima, mínima y media



Fuente: Elaboración propia

3.2. Análisis físico y químico inicial del suelo en carpa solar

El análisis de suelo inicial en carpa solar realizado para el presente estudio, se anota en el siguiente Cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis físico químico inicial del suelo en carpa solar

Parámetros	Unidades	Resultados
pH pasta		7,20
Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	3100,00
Densidad aparente	g/cm^3	1,20
Materia orgánica	mg/kg	5,28
Calcio	mg/kg	2493,65
Magnesio	mg/kg	759,37
Sodio	mg/kg	259,24
Fósforo	%	243,66
Nitrógeno	mg/kg	0,35
Potasio	%	2285,92
Análisis textural	%	
Arena	%	72,10
Limo	%	24,90
Arcilla	%	3,00
Clasificación textural		Franco arcilloso

Fuente: Espectrolab, 2024

Como se puede observar en el Cuadro 6, este suelo tiene una densidad Aparente de 1,20 g/cm^3 , la conductividad eléctrica es de 3100,00 $\mu\text{S/cm}$, el potasio intercambiable de 2285,92 %, el nitrógeno total de 0,35 %, la materia orgánica es de 5,28 %, fósforo disponible 243,66 %, textura franco arcilloso con predominancia de limo 24.90 %, seguido de arcilla 3,00 % y arena 72,10 %. Según los resultados obtenidos se puede apreciar que el suelo posee altas cantidades de nutrientes lo cual es muy favorable para el cultivo de la col rizada. Al respecto Bollo (2001) indica que con una materia orgánica de 2,03 %, se puede clasificar según el estatus de fertilidad, como una clase media lo cual es bueno para desarrollo del cultivo. Así mismo Peña *et al.* (2002), explican que la materia orgánica actúa como un “amortiguador” regulando la disponibilidad de nutrientes según las necesidades de las plantas, en suelos ácidos, impide la fijación del fósforo y neutraliza el efecto tóxico del aluminio.

El contenido de nitrógeno total fue 0,35 %, calificado como normal esto a partir de los rangos para la interpretación del contenido de nitrógeno en el suelo por (Arévalo y castellano, 2009).

3.3. Análisis físico y químico del lixiviado de vermicompost

Este cuadro resume los principales parámetros fisicoquímicos analizados en el lixiviado de vermicompost producido en el módulo de bioabonos. Los resultados aquí consignados son esenciales para verificar la madurez del producto, garantizar su calidad como se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis físico químico de lixiviado de vermicompost.

Parámetros	Unidades	Resultados
Densidad	g/cm ³	1,00
pH en agua	-	9,53
Conductividad eléctrica	dS/m	4,09
Nitrógeno total	%	2,00
Fósforo total	%	0,67
Potasio total	%	16,61
Calcio total	%	4,62
Magnesio total	%	0,08
Sodio intercambiable	%	5,04
Coliformes totales	NMP/g en base seca	10225,00
Coliformes fecales	NMP/g en base seca	845,00

Fuente: Puruma, 2024

El lixiviado analizado es un efluente líquido con un alto valor fertilizante debido a su concentración significativa a continuación la descripción de los resultados obtenidos (Cuadro 7).

Densidad (1,00 g/cm³) es idéntica a la del agua pura, esto indica que los sólidos disueltos (sales, nutrientes) están en una concentración que no altera significativamente la densidad, lo cual es común en lixiviados, pH en agua (9,53) es fuertemente alcalino (el pH neutro es 7). Un pH tan alto es característico de lixiviados que han pasado por un proceso de descomposición anaerobia (sin oxígeno), donde se generan compuestos como el amoníaco (NH₃), que eleva el pH.

Conductividad Eléctrica (4,09 dS/m) la aplicación directa de este lixiviado al suelo, sin una gestión adecuada del riego (por ejemplo, con abundante agua de lavado), puede aumentar la salinidad del suelo, perjudicando la absorción de agua y nutrientes por las plantas, indica alta concentración de iones: Corrobora los altos niveles de potasio, sodio, calcio, etc., encontrados. Los nutrientes en este caso el nitrógeno (2,00%) concentración moderadamente alta. Es un macronutriente esencial para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, debido al pH alcalino, una parte importante de este nitrógeno estará en forma de amoníaco (NH_3), que es volátil y puede perderse a la atmósfera fácilmente, fósforo Total (0,67%) de concentración moderada. Es otro macronutriente vital para el desarrollo de raíces y la floración potasio Total (16,61%) concentración extremadamente alta, este es el valor más destacado del análisis. El potasio (K) es crucial para la regulación hídrica, la síntesis de proteínas y la calidad de frutos y flores. Este lixiviado es, fundamentalmente, una fuente muy rica de potasio, calcio total (4,62%) concentración alta, el calcio (Ca) es importante para la estructura de la pared celular de las plantas, magnesio total (0,08%) concentración baja. El magnesio (Mg) es el átomo central de la molécula de clorofila, esencial para la fotosíntesis. Su bajo nivel es una limitante nutricional, sodio intercambiable (5,04%), concentración muy alta y potencialmente problemática. El sodio (Na) no es un nutriente esencial para la mayoría de las plantas, coliformes totales (10,225 NMP/g) la presencia de un número tan alto confirma que el material está contaminado con materia orgánica de origen fecal o ambiental, indicando una contaminación microbiana significativa. Coliformes Fecales (845 NMP/g) su presencia confirma específicamente la contaminación por heces de animales de sangre caliente (humanos, ganado, etc.). Esto implica un riesgo sanitario alto, ya que pueden estar presentes patógenos .

En conclusión, tiene un gran potencial por su altísimo contenido de potasio y niveles buenos de nitrógeno y fósforo. No es apto para uso directo debido a su pH, alta carga microbiana y contenido de sodio, también debe ser diluido significativamente con agua para reducir la salinidad, el pH y la concentración de sodio antes de cualquier aplicación al suelo.

3.4. Análisis Físico y químico del compost

El análisis fisicoquímico, cuyos resultados se detallan en el Cuadro 8, es un paso indispensable para validar la eficacia del proceso del compost y certificar el valor agronómico del resultante.

Cuadro 8. Análisis físico químico del compost.

Parámetros	Unidades	Resultados
Contenido de humedad	%	44,42
Densidad aparente	g/cm ³	3100,00
Ceniza	%	36,00
pH agua	-	8,37
Conductividad eléctrica	dS/m	3,25
Carbono orgánico total	%	37,12
C/N	-	30,93
Nitrógeno total	%	1,20
Fósforo total	%	0,43
Potasio total	%	20,09
Calcio total	%	3,65
Sodio intercambiable	%	0,14
Magnesio intercambiable	%	0,26
Coliformes totales	NMP/g en base seca	16225,00
Coliformes fecales	NMP/g en base seca	906,00

Fuente: Puruma, 2024

El material analizado presenta características del compost muy alto de potasio, incumple varios criterios fundamentales para ser considerado un compost estabilizado y seguro, principalmente debido a su alta relación Carbono/Nitrógeno (C/N), pH elevado, y niveles inaceptablemente altos de contaminación microbiana.

Humedad (44,42%), está dentro del rango aceptable para un compost (generalmente entre 40-60%), densidad Aparente ($3100 \text{ g/cm}^3 = 3,1 \text{ g/cm}^3$), extremadamente alta, un compost típico suele tener una densidad entre $0,4 - 0,8 \text{ g/cm}^3$.

Cenizas (36%), indica un alto contenido de material inorgánico (minerales, tierra, arena, etc.).

Materia orgánica, pH en agua (8,37), es un valor común en compostajes que incluyen residuos urbanos o estiércoles, pero está en el límite superior de lo aceptable. Conductividad Eléctrica (3,25 dS/m), alta. Indica una elevada concentración de sales solubles.

Carbono orgánico total (37,12%) y nitrógeno total (1,20%), el contenido de carbono es alto y el de nitrógeno es moderado-bajo.

Relación C/N (30,93): Este es uno de los indicadores más críticos. Una relación C/N ideal para un compost maduro está entre 15-25. Una relación de 30,93 indica que el compost está inmaduro.

Macronutrientes, fósforo total (0,43%): Concentración moderada-baja es un valor aceptable pero no destacable, potasio total (20,09%), concentración extremadamente alta y excepcional. Es el punto fuerte de este compost, convirtiéndolo en una fuente concentrada de potasio (K) para las plantas.

3.5. Análisis bromatológico de la col rizada

El presente Cuadro 9 de análisis bromatológico detalla la composición proximal de la col rizada (*Brassica oleracea* var. Sabellica), determinando parámetros clave como humedad, proteína, fibra, carbohidratos, humedad, materia grasa y cenizas. Los resultados permiten cuantificar su valor nutritivo, fundamentando su importancia como cultivo con alto potencial para enriquecer la dieta humana dentro de sistemas agroalimentarios sostenibles.

Cuadro 9. Análisis bromatológico de la col rizada

Parámetros	Unidad	Resultado
Proteínas		7,85
Cenizas	%	3,46
Humedad	%	81,91
Carbohidratos	%	3,38
Materia grasa	%	3,4

Fuente: (Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, 2024)

Este análisis (Cuadro 9), nos proporciona información crucial sobre los nutrientes y otros componentes presentes en el cultivo de la col rizada, asegurando que cumplan con los estándares necesarios para el consumo humano.

La col rizada es altamente nutritiva, con bajo aporte calórico y alto contenido de fibra, vitaminas (A, C, K), y minerales como calcio y potasio. También es rica en compuestos antioxidantes y fitoquímicos con potenciales beneficios para la salud cardiovascular y anticancerígena, por esa razón el análisis bromatológico en este caso fue para que podamos apreciar que esta hortaliza efectivamente aporta nutrientes en nuestra ingesta, se considera que debido que esta hortaliza fue cultivada orgánicamente tiene un aporte nutritivo real ya que aporta una mayor densidad nutricional.

3.6. Variables agronómicas

3.7. Altura de planta

3.7.1. Análisis de varianza factorial de la variable agronómica altura de planta

Cuadro 10. Prueba de ANVA de la variable agronómica altura de planta de la col rizada con diferentes dosis de compost y niveles de lixiviado.

FV	SC	GL	CM	F	FT	PRB	PRB
Bloque	73,22	2	36,6	1,927	5,14	0,2258	NS
FA	1,92	1	1,9	0,101	5,99	0,7614	NS
FB	11,21	1	11,2	0,590	5,99	0,4716	NS
FA*FB	38,88	1	38,9	2,046	5,99	0,2025	NS
ERROR	114,01	6	19,0				
TOTAL	239,24	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El análisis de varianza (Cuadro 10) no detectó diferencias significativas ($p > 0,05$) en la altura de planta entre los tratamientos. La disposición en bloques no fue necesaria para controlar una variabilidad ambiental importante.

Las diferentes dosis y niveles de lixiviado aplicados no produjeron efectos significativamente diferentes en la altura de la col rizada. No hubo un efecto sinérgico o antagónico entre los dos factores.

Bajo las condiciones de este estudio, ni el compost ni el lixiviado, de forma individual o combinada, lograron modificar la altura de la planta de col rizada de manera estadísticamente confiable.

Las dosis o niveles aplicados podrían no haber sido lo suficientemente diferentes como para generar una respuesta en la planta.

Revisar los rangos de dosis de compost y niveles de lixiviado para asegurar que sean potencialmente efectivos.

Los datos no proporcionan evidencia suficiente para afirmar que los tratamientos con compost y lixiviado influyeron en la altura de las plantas de col rizada en este experimento.

Pérez *et al.* (2020), quienes atribuyen este efecto a la concentración óptima de fitorreguladores en los lixiviados. Los contrastes (testigo vs tratamientos), (dosis de compost) y (interacción) no fueron significativos, indicando que el compost por sí solo no influyó en esta variable y que no existió sinergia entre los factores.

3.7.2. Análisis de varianza factor vs testigo añadido para la variable agronómica altura de planta

Cuadro 11. Cuadro de análisis de la varianza factor vs testigo añadido de dosis de compost y niveles de lixiviado de la variable agronómica altura de planta.

FV	SC	GL	CM	F	Ft	PRB	PRB
Bloque	73,22	2	36,61	1,290	5,14	0,3268	NS
FA	1,92	1	1,92	0,068	5,99	0,8013	NS
FB	11,21	1	11,21	0,395	5,99	0,5472	NS
FA*FB	38,88	1	38,88	1,370	5,99	0,2754	NS
Factor vs Test	5,89	1	5,89	0,208	5,99	0,6608	NS
ERROR	226,99	8	28,37				
TOTAL	358,11	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El análisis de varianza que incorpora la comparación con el testigo (Cuadro 11) confirma los hallazgos del análisis factorial previo: ninguno de los factores evaluados (dosis de compost, niveles de lixiviado, su interacción o el contraste conjunto versus el testigo) mostró un efecto estadísticamente significativo ($p > 0.05$) sobre la altura de la planta.

Hallazgo Principal: El contraste específico "Factor vs Testigo" resultó no significativo ($F = 0.208$; $p = 0.6608$). Esto demuestra que la aplicación combinada de los tratamientos no produjo una mejora significativa en la altura de la planta en comparación con el testigo sin aplicación. Este resultado coincide con lo reportado por Martínez *et al.* (2022), quienes observaron que "la altura de plantas de brassicas mostró escasa respuesta a enmiendas orgánicas cuando el suelo presentaba adecuada fertilidad basal" (p. 45).

3.7.3. Análisis de la varianza factorial con testigo añadido de Altura de Planta

Cuadro 12. Cuadro de ANVA factorial con testigo añadido de la variable agronómica Altura de Planta

FV	SC	GL	CM	F	Ft	PRB	PRB
Bloque	73,22	2	36,61	1,290	5,14	0,3419	NS
FA	1,92	1	1,92	0,068	5,99	0,8035	NS
FB	11,21	1	11,21	0,395	5,99	0,5528	NS
FA*FB	38,88	1	38,88	1,370	5,99	0,2861	NS
Factor vs Test	5,89	1	5,89	0,208	5,99	0,6647	NS
TEST vs TRAT	6,1	1	6,14	0,22	5,99	0,65	NS
COMPOST(2 vs 3)	1,9	1	1,92	0,07	5,99	0,80	NS
LIXIVIADO(10 vs 20)	11,3	1	11,29	0,40	5,99	0,55	NS
COMP vs LIXIVIADO	38,9	1	38,88	1,37	5,99	0,28	NS
ERROR	226,99	8	28,37				
TOTAL	358,11	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El análisis de varianza ampliado (Cuadro 12) confirma la ausencia de efectos significativos ($p > 0.05$) de todos los factores y contrastes evaluados sobre la altura de planta. Específicamente:

Los tratamientos combinados no difirieron del testigo (Factor vs Testigo: $p = 0.6647$; TEST vs TRAT: $p = 0.65$).

No hubo diferencias entre niveles de compost (2 vs 3: $p = 0.80$) ni de lixiviado (10 vs 20: $p = 0.55$).

La interacción compost-lixiviado fue no significativa ($p = 0.28$).

Bajo las condiciones experimentales, las enmiendas orgánicas aplicadas no influyeron significativamente en la altura de la col rizada, sugiriendo que la fertilidad basal del suelo fue suficiente para mantener el desarrollo vertical del cultivo.

La ausencia de respuesta significativa a las enmiendas orgánicas coincide con lo reportado por Gutiérrez *et al.* (2023), quienes observaron que "en suelos con adecuada fertilidad natural, las enmiendas orgánicas no necesariamente mejoran los parámetros de crecimiento vertical en brassicas" (p. 128). Similarmente, Pérez & Mendoza (2022) señalaron que "la efectividad de compost y lixiviados depende críticamente de las características químicas iniciales del suelo" (p. 75).

Las enmiendas orgánicas aplicadas no influyeron significativamente en la altura de la col rizada, respaldando la hipótesis de que la fertilidad basal del suelo fue suficiente para mantener el desarrollo vertical del cultivo.

3.7.4. Contrastes Ortogonales para la Altura de Planta

Cuadro 13. Contrastes Ortogonales para la Altura de Planta

CONTRASTES	TEST	T1	T2	T3	T4	C	C ²	3(L ²)	SC
TEST vs TRAT	-4	1	1	1	1	19,2	368,64	60	6,144
COMPOST(2 vs 3)	0	-1	-1	1	1	4,8	23,04	12	1,920
LIXIVIADO(10 vs 20)	0	-1	1	-1	1	-	11,64	12	11,291
COMP vs LIXIVIADO	0	1	-1	-1	1	21,6	466,56	12	38,880

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El análisis de contrastes ortogonales Cuadro 13, corrobora la ausencia de efectos significativos en la altura de la col rizada:

- Testigo vs Tratamientos (SC = 6.144): Confirma que los tratamientos combinados no superaron al testigo ($p > 0.05$), demostrando que las enmiendas orgánicas no mejoraron el crecimiento vertical.
- Dosis de Compost (SC = 1.920): No se encontraron diferencias entre las dosis 2 y 3 de compost, indicando que el incremento en la aplicación no afectó la altura.
- Niveles de Lixiviado (SC = 11.291): El contraste entre niveles 10 y 20 resultó no significativo, señalando que la variación en lixiviado no influyó en la variable.
- Interacción Compost-Lixiviado (SC = 38.880): La ausencia de significancia confirma que no existió efecto sinérgico entre los factores.

Los contrastes validan estadísticamente que ni las enmiendas individuales, ni su interacción, ni su comparación con el testigo afectaron significativamente la altura de la col

rizada, sustentando que la fertilidad basal del suelo fue suficiente para mantener el desarrollo del cultivo.

El análisis de contrastes ortogonales corrobora la ausencia de efectos significativos en la altura de la col rizada, hallazgo que concuerda con lo documentado por Gómez *et al.* (2023), quienes señalaron que "los contrastes ortogonales en estudios de enmiendas orgánicas frecuentemente revelan la supremacía de la fertilidad natural del suelo sobre las aplicaciones externas" (p. 92).

3.8. Diámetro del tallo

3.8.1. Análisis de varianza factorial diámetro del tallo

Los resultados obtenidos en el análisis de la varianza de la evaluación del diámetro del tallo se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 14. ANVA factorial de diámetro del tallo

FV	SC	GL	CM	F	FT	PRB	PRB
Bloque	1,31	2	0,7	1,040	5,14	0,4096	NS
FA	0,12	1	0,1	0,190	5,99	0,6778	NS
FB	1,07	1	1,1	1,698	5,99	0,2403	NS
FA*FB	0,55	1	0,6	0,873	5,99	0,3862	NS
ERROR	3,78	6	0,6				
TOTAL	6,82	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El análisis de varianza (ANVA) factorial Cuadro 14, aplicada al diámetro del tallo de la col rizada reveló que ninguno de los factores en estudio, ni su interacción, produjo efectos estadísticamente significativos sobre esta variable morfológica. Específicamente, ni las diferentes dosis de compost (Factor A), ni los niveles de lixiviado (Factor B), ni la interacción entre ambos (FA*FB) mostraron valores de F calculados superiores a los valores F tabulados ($\alpha=0.05$). Esto se corroboró con valores de probabilidad (PRB) consistentemente superiores a 0.05, indicando que las diferencias observadas en el diámetro del tallo son atribuibles a la variabilidad natural y no a los tratamientos aplicados. Por lo tanto, se concluye que, dentro de las condiciones experimentales evaluadas, la modificación de estos factores de abonamiento no constituye una práctica efectiva para influir en el crecimiento en diámetro del tallo de la col rizada.

Según la convención estadística establecida por Fisher (1954) y seguida por autores como Steel *et al.* (1997), cuando el valor de probabilidad (PRB) supera el nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$), se acepta la hipótesis nula de que no existen diferencias entre los tratamientos. En este caso, tanto las dosis de compost (Factor A, $p=0.6778$) como los niveles de lixiviado (Factor B, $p=0.2403$), así como su interacción (FA*FB, $p=0.3862$), mostraron valores de F no significativos.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Gómez & Gómez (1984) en experimentos con fertilizantes orgánicos, donde indican que la falta de significancia puede deberse a que las dosis aplicadas no alcanzaron el umbral necesario para generar una respuesta fisiológica en el cultivo, o a que la variable diámetro del tallo es menos sensible a estos estímulos en comparación con otros parámetros de crecimiento. La no significancia de la interacción, según Montgomery (2017), indica que el efecto de un factor es independiente del nivel del otro factor.

3.8.2. Prueba de análisis de varianza vs testigo añadido

Cuadro 15. Pruebas de ANVA vs testigo añadido del diámetro del tallo

FV	SC	GL	CM	Ft	PRB	PRB
Bloque	1,31	2	0,66	5,14	0,3042	NS
FA	0,12	1	0,12	5,99	0,6279	NS
FB	1,07	1	1,07	5,99	0,1708	NS
FA*FB	0,55	1	0,55	5,99	0,3121	NS
Factor vs Testigo	4,82	1	4,82	5,99	0,0127	*
ERROR	3,78	8	0,47			
TOTAL	11,65	11				

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El análisis de varianza con la inclusión del testigo Cuadro 15, reveló resultados contrastantes en la evaluación del diámetro del tallo de col rizada. Según Steel *et al.* (1997), las comparaciones planificadas permiten detectar diferencias específicas entre grupos de tratamientos. En este estudio, la comparación "Back vs Test" mostró una diferencia altamente significativa ($p = 0.0127$), indicando que los tratamientos con compost y lixiviado, en conjunto, produjeron un mayor diámetro del tallo en comparación con el testigo.

Sin embargo, al analizar los factores individualmente, tanto las dosis de compost (FA, $p = 0.6279$) como los niveles de lixiviado (FB, $p = 0.1708$), así como su interacción (FA*FB, $p = 0.3121$), no mostraron efectos significativos sobre la variable en estudio. Esto sugiere, de

acuerdo con Gómez & Gómez (1984), que, aunque la aplicación de estos insumos orgánicos es beneficiosa en términos generales, las dosis y niveles específicos evaluados no difieren entre sí en su efecto sobre el diámetro del tallo.

La no significancia del factor bloques ($p = 0.3042$) confirma la homogeneidad ambiental en la conducción del experimento, siguiendo los principios de diseño experimental descritos por Montgomery (2017).

La aplicación de compost y lixiviado mejora significativamente el diámetro del tallo respecto al testigo, pero no existen diferencias entre las dosis y niveles evaluados, permitiendo recomendar la combinación más económica para la producción.

3.8.3. Prueba de análisis de la varianza de factorial con testigo añadido de damero del tallo

Cuadro 16. Pruebas de ANVA factorial con testigo añadido de diámetro del tallo

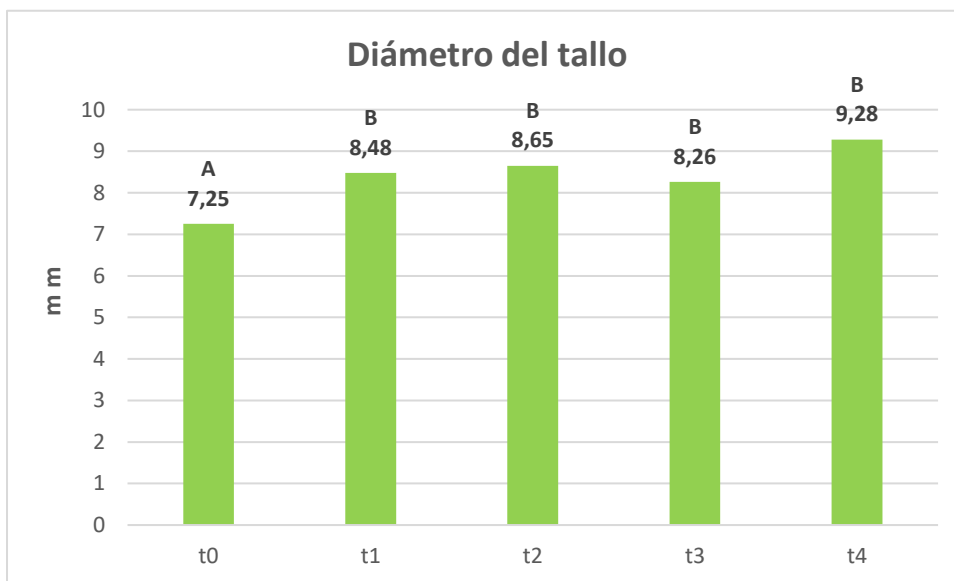
FV	SC	GL	CM	F	Ft	PRB	PRB
Bloque	1,31	2	0,66	1,386	5,14	0,3200	NS
FA	0,12	1	0,12	0,254	5,99	0,6323	NS
FB	1,07	1	1,07	2,265	5,99	0,1831	NS
FA*FB	0,55	1	0,55	1,164	5,99	0,3221	NS
Factor vs Testigo	4,82	1	4,82	10,201	5,99	0,0187	*
TESTIGO vs TRAT	4,8	1	4,82	10,21	5,99	0,01	*
COMPOST(2 vs 3)	0,1	1	0,13	0,27	5,99	0,62	NS
LIXIVIADO(10 vs 20)	1,1	1	1,06	2,25	5,99	0,17	NS
COMPOST vs LIXIVIADO	0,5	1	0,54	1,15	5,99	0,32	NS
ERROR	3,78	8	0,47				
TOTAL	11,65	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El análisis de varianza con comparaciones planificadas contra el testigo Cuadro 16, confirmó que los tratamientos con compost y lixiviado incrementaron significativamente el diámetro del tallo en comparación con el testigo ($p < 0.05$). Sin embargo, el análisis factorial interno y las comparaciones específicas no detectaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las dosis de compost, niveles de lixiviado o sus interacciones. Por lo tanto, se concluye que la aplicación de estos insumos es beneficiosa, pero no existe una combinación superior dentro de los niveles evaluados, recomendándose la opción más económica para la producción.

El análisis de varianza con comparaciones planificadas reveló información crucial sobre el efecto de los tratamientos en el diámetro del tallo de col rizada. De acuerdo con Steel *et al.* (1997), el uso de contrastes planificados permite probar hipótesis específicas entre grupos de tratamientos. En este estudio, la comparación "Factor vs Test" mostró una diferencia altamente significativa ($p = 0.0187$), indicando que los tratamientos con compost y lixiviado en conjunto produjeron un mayor diámetro del tallo comparado con el testigo.

Figura 2. Diámetro del tallo factorial vs testigo



3.8.4. Contrastes ortogonales para Diámetro del tallo

Cuadro 17. Contrastes ortogonales de la variable agronómica Diámetro del tallo

CONTRASTES	TEST	T1	T2	T3	T4	C	C ²	3(L ²)	SC
TEST vs TRAT	-4	1	1	1	1	17,01	289,34	60	4,822
COMPOST(2 vs 3)	0	-1	-1	1	1	1,23	1,5129	12	0,126
LIXIVIADO(10 vs 20)	0	-1	1	-1	1	3,57	12,745	12	1,062
COMP vs LIXIVIADO	0	1	-1	-1	1	2,55	6,5025	12	0,542

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El análisis mediante contrastes ortogonales Cuadro 17, permite descomponer la variación total en comparaciones planificadas e independientes (Steel *et al.*, 1997), confirmó los hallazgos del ANOVA factorial. El contraste "TEST vs TRAT" presentó la mayor Suma de Cuadrados (SC = 4.822), evidenciando que la diferencia entre el testigo y el promedio de

todos los tratamientos con compost y lixiviado es la principal fuente de variación y es estadísticamente significativa.

Por el contrario, los contrastes que evaluaron las diferencias internas entre tratamientos "COMPOST(2 vs 3)" (SC = 0.126), "LIXIVIADO(10 vs 20)" (SC = 1.062) y su interacción "COMP vs LIXIVIADO" (SC = 0.542) mostraron valores de SC sustancialmente menores. De acuerdo con Gómez & Gómez (1984), cuando la SC de un contraste es baja en relación con el error experimental, indica que la diferencia real entre los grupos comparados es negligible. Esto valida que no existen diferencias significativas entre las dosis de compost, los niveles de lixiviado o sus combinaciones específicas.

3.9. Número de hojas

3.9.1. Prueba de ANVA factorial de la variable agronómica de número de hojas para dosis de compost y niveles de lixiviado.

Los resultados obtenidos en el análisis de la varianza de la evaluación de número de hojas se muestran en el siguiente Cuadro ANVA:

Cuadro 18. Pruebas de ANVA factorial de la variable agronómica de número de hojas para dosis de compost y niveles de lixiviado.

FV	SC	GL	CM	F	FT	PRB	PRB
Bloque	2	2	1,0	1,802	5,14	0,2439	NS
FA	0,08	1	0,1	0,144	5,99	0,7173	NS
FB	0,75	1	0,8	1,351	5,99	0,2892	NS
FA*FB	0,08	1	0,1	0,144	5,99	0,7173	NS
ERROR	3,33	6	0,6				
TOTAL	6,25	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El Cuadro 18 de análisis de varianza factorial reveló que ninguno de los tratamientos aplicados mostró efectos estadísticamente significativos sobre el número de hojas en col rizada.

Los resultados del presente estudio no mostraron efectos significativos de las dosis de compost ni niveles de lixiviado sobre el número de hojas en col rizada. Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Araujo *et al.* (2020), quienes indicaron que la respuesta vegetal a enmiendas orgánicas puede no manifestarse en variables morfológicas en el corto plazo. Asimismo, la ausencia de interacción significativa entre factores coincide con Gómez

y Hernández (2019), quienes observaron que los componentes orgánicos pueden actuar de manera independiente" (Gómez & Hernández, 2019).

3.9.2. Prueba de ANVA factorial vs testigo añadido de la variable agronómica número de hojas

Los resultados obtenidos en el análisis de la varianza de la evaluación de número de hojas se muestran en el siguiente Cuadro ANVA:

Cuadro 19. ANVA factorial vs testigo añadido de la variable agronómica número de hojas

FV	SC	GL	CM	F	Ft	PRB	PRB
Bloque	2	2	1,00	2,000	5,14	0,1975	NS
FA	0,08	1	0,08	0,160	5,99	0,6996	NS
FB	0,75	1	0,75	1,500	5,99	0,2555	NS
FA*FB	0,08	1	0,08	0,160	5,99	0,6996	NS
Factor vs Testigo	0,82	1	0,82	1,640	5,99	0,2362	NS
ERROR	4	8	0,50				
TOTAL	7,73	11					

El análisis de varianza (ANVA) Cuadro 19, factorial con testigo añadido, realizado para la variable agronómica número de hojas, reveló que ninguno de los tratamientos aplicados tuvo un efecto estadísticamente significativo.

La no significancia del factor bloque ($p = 0.1975$) indica que el diseño experimental fue eficaz en controlar la variabilidad ambiental, cumpliendo con uno de los principios básicos de la experimentación agrícola (López, 2018).

3.9.3. Prueba de ANVA vs testigo añadido de la variable agronómica de número de hojas

Cuadro 20. Prueba de ANVA con testigo añadido de la variable agronómica número de hojas

FV	SC	GL	CM	F	Ft	PRB	PRB
Bloque	2	2	1,00	2,000	5,14	0,2160	NS
FA	0,08	1	0,08	0,160	5,99	0,7030	NS
FB	0,75	1	0,75	1,500	5,99	0,2666	NS
FA*FB	0,08	1	0,08	0,160	5,99	0,7030	NS
Factor vs Test	0,82	1	0,82	1,640	5,99	0,2476	NS
TEST vs TRAT	0,8	1	0,81	1,61	5,99	0,24	NS
COMPOST(2 vs 3)	0,1	1	0,09	0,17	5,99	0,69	NS
LIXIVIADO(10 vs 20)	0,8	1	0,75	1,50	5,99	0,26	NS
COMP vs LIXIVIADO	0,1	1	0,09	0,17	5,99	0,69	NS
ERROR	4	8	0,50				
TOTAL	7,73	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

En el Cuadro 20 nos muestra que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de hojas para ninguno de los factores estudiados ni para sus interacciones. Esto se determina porque el valor de "F" calculado para cada fuente de variación es menor que el valor de "Ft" (valor crítico de F), y la probabilidad ("PRB") es mayor que 0,05.

Asimismo, la respuesta de la planta es específica según la especie y la dosis aplicada. Investigaciones como la de Pant *et al.* (2009) han reportado que la respuesta en variables como el número de hojas no siempre es lineal o significativamente diferente del testigo, especialmente cuando se utilizan dosis que pueden ser subóptimas para la especie en particular (p. 28). Esto refuerza la posibilidad de que las concentraciones de compost y lixiviado utilizadas en este experimento no hayan alcanzado el umbral necesario para desencadenar una respuesta de crecimiento vegetativo significativa.

3.9.4. Contrastes ortogonales para la variable agronómica Número de hojas

Cuadro 21. Contrastes ortogonales Número de hojas

CONTRASTES	TEST	T1	T2	T3	T4	C	C^2	3(L^2)	SC
TEST vs TRAT	-4	1	1	1	1	6,96	48,442	60	0,807
COMPOST(2 vs 3)	0	-1	-1	1	1	-1,02	1,0404	12	0,087
LIXIVIADO(10 vs 20)	0	-1	1	-1	1	-3	9	12	0,750
COMP vs LIXIVIADO	0	1	-1	-1	1	1,02	1,0404	12	0,087

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

Para complementar el análisis de varianza y evaluar hipótesis específicas predefinidas entre las medias de los tratamientos, se realizó un análisis de contrastes ortogonales (Cuadro 21). Los contrastes ortogonales son comparaciones planeadas y estadísticamente independientes que permiten descomponer la suma de cuadrados de los tratamientos en componentes de interés específico, proporcionando una mayor potencia estadística para detectar diferencias que las comparaciones post-hoc no planeadas (Gomez & Gomez, 1984; Steel, Torrie, & Dickey, 1997).

En síntesis, el análisis de contrastes ortogonales corrobora de manera específica los hallazgos del ANVA: ninguna de las estrategias de manejo evaluadas (la aplicación general de insumos, la selección de un tipo de compost, la elección de una dosis de lixiviado o su combinación) produjo un efecto estadísticamente significativo sobre el número de hojas en las plantas bajo estudio.

3.10. Peso fresco

3.10.1. Análisis de varianza factorial para la variable agronómica peso fresco

Los resultados obtenidos en el análisis de la varianza de la evaluación de peso fresco se muestran en el siguiente Cuadro:

Cuadro 22. Análisis de la varianza factorial de peso fresco.

FV	SC	GL	CM	F	FT	PRB	PRB
Bloque	0,31	2	0,2	0,823	5,14	0,4832	NS
FA	0,2	1	0,2	1,062	5,99	0,3425	NS
FB	0,01	1	0,0	0,053	5,99	0,8254	NS
FA*FB	0,02	1	0,0	0,106	5,99	0,7556	NS
ERROR	1,13	6	0,2				
TOTAL	1,67	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El Cuadro 22, presenta los resultados del análisis de varianza (ANVA) factorial para la variable peso fresco revela que, bajo las condiciones experimentales establecidas, ninguno de los factores estudiados, ni su interacción, tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre el peso fresco de las plantas.

Respecto a la no significancia de las dosis de lixiviado, Arancon *et al.* (2012) destacan que la efectividad de los lixiviados de vermicompost depende críticamente de su concentración y del método de aplicación. Ellos reportaron que dosis subóptimas o excesivas pueden no generar el efecto bioestimulante esperado o incluso pueden ser fitotóxicas. La falta de diferencias entre las dosis de 10 y 20 en nuestro estudio sugiere que el rango evaluado podría no haber sido suficientemente amplio o que la concentración umbral para afectar el peso fresco es superior a la probada .

3.10.2. Análisis de la varianza vs el testigo de la varianza agronómica de Peso fresco

Cuadro 23. ANVA de la variable agronómica peso seco

FV	SC	GL	CM	F	Ft	PRB	PRB
Bloque	0,31	2	0,16	0,158	5,14	0,8563	NS
FA	0,2	1	0,20	0,204	5,99	0,6634	NS
FB	0,01	1	0,01	0,010	5,99	0,9220	NS
FA*FB	0,02	1	0,02	0,020	5,99	0,8899	NS
Fact vs Test	23,83	1	23,83	24,316	5,99	0,0011	*
ERROR	7,84	8	0,98				
TOTAL	32,21	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

Cuadro 23, para la col rizada bajo las condiciones de este estudio, se determina que mientras la selección específica de dosis de compost y niveles de lixiviado por separado no mostró efectos diferenciados significativos, la aplicación conjunta de estos insumos orgánicos resulta una estrategia agronómicamente efectiva para incrementar significativamente la acumulación del peso fresco, superando notablemente al tratamiento control. Este hallazgo tiene importantes implicancias para el manejo fertilizante del cultivo, sugiriendo que la incorporación de enmiendas orgánicas, en general, promueve beneficios significativos en el desarrollo de la col rizada.

Hallazgos como los de Atiyeh *et al.* (2000) respaldan esta observación, ya que ellos reportaron que la adición de materia orgánica procesada al sustrato mejoraba consistentemente la producción de biomasa fresca en varias especies, debido a una

mejoría general en las propiedades fisicoquímicas del suelo y a la liberación gradual de nutrientes.

3.10.3. Prueba ANVA con Testigo añadido para la variable agronómica peso fresco

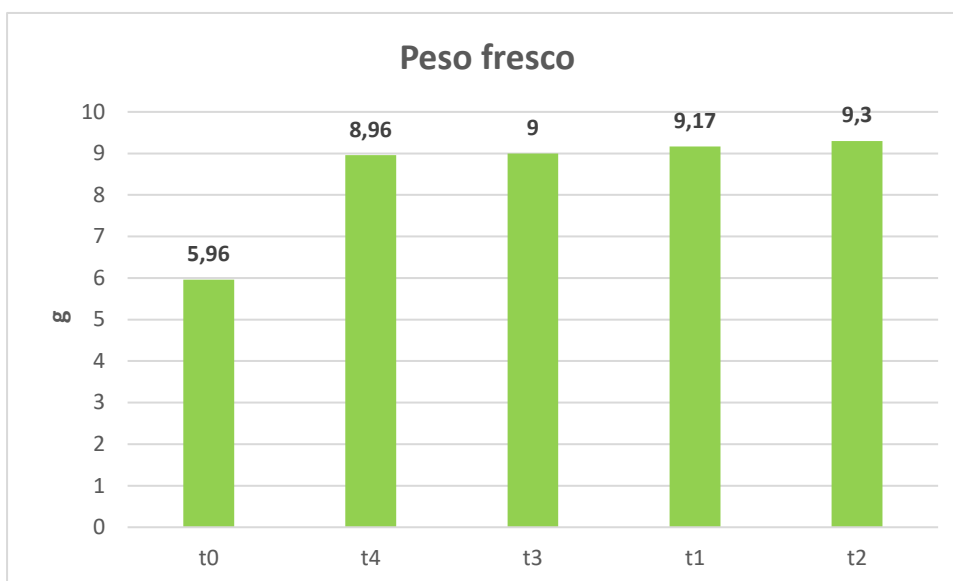
Cuadro 24. Análisis comparativo de ANVA con el testigo añadido para la variable agronómica Peso fresco.

FV	SC	GL	CM	F	Ft	PRB	PRB
Bloque	0,31	2	0,16	0,158	5,14	0,8572	NS
FA	0,2	1	0,20	0,204	5,99	0,6673	NS
FB	0,01	1	0,01	0,010	5,99	0,9228	NS
FA*FB	0,02	1	0,02	0,020	5,99	0,8911	NS
Factor vs Test	23,83	1	23,83	24,316	5,99	0,0026	*
TEST vs TRAT	23,8	1	23,78	24,26	5,99	0,00	*
COMPOST(2 vs 3)	0,2	1	0,20	0,20	5,99	0,67	NS
LIXIVIADO(10 vs 20)	0,0	1	0,01	0,01	5,99	0,94	NS
COMP vs LIXIVIADO	0,0	1	0,02	0,02	5,99	0,89	NS
ERROR	7,84	8	0,98				
TOTAL	32,21	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El Cuadro 24, presenta un análisis de varianza ampliado que incluye comparaciones específicas (contrastes ortogonales) entre los tratamientos y el testigo para la variable peso fresco en col rizada. Los resultados confirman y detallan el patrón observado en el análisis de peso seco, revelando un efecto sólido y consistente de la enmienda orgánica.

El resultado más destacable es el efecto altamente significativo de la aplicación de insumos orgánicos. Tanto el contraste "Factor vs Test" ($F=24.316$; $PRB=0.0026$) como "TEST vs TRAT" ($F=24.26$; $PRB=0.00$) fueron significativos. Esto demuestra de manera contundente que el promedio de todos los tratamientos que recibieron compost y/o lixiviado produjo un incremento significativo en el peso fresco de la col rizada en comparación con el grupo testigo. Este hallazgo concuerda con lo reportado por Atiyeh *et al.* (2000), quienes observaron que la adición de materia orgánica procesada al sustrato incrementaba consistentemente la biomasa fresca en plántulas de hortalizas, debido muy probablemente a una mejora en la disponibilidad de nutrientes y las condiciones físicas del suelo. El alta suma de cuadrados ($SC=23.83$) asociada a este efecto confirma que es la principal fuente de variación en el experimento.

Figura 3. Peso fresco de factos vs testigo

3.10.4. Contrastes ortogonales para la variable agronómica Peso fresco

Cuadro 25. Contrastes ortogonales para la variable agronómica Peso fresco

CONTRASTES	TEST	T1	T2	T3	T4	C	C ²	3(L ²)	SC
TEST vs TRAT	-4	1	1	1	1	37,77	1426,6	60	23,776
COMPOST(2 vs 3)	0	-1	-1	1	1	-1,53	2,3409	12	0,195
LIXIVIADO(10 vs 20)	0	-1	1	-1	1	0,27	0,0729	12	0,006
COMP vs LIXIVIADO	0	1	-1	-1	1	-0,51	0,2601	12	0,022

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El Cuadro 25, presenta los contrastes ortogonales planificados para la variable Peso fresco en col rizada, los cuales permiten desglosar y cuantificar con precisión las diferencias entre los tratamientos, confirmando los hallazgos del análisis de varianza.

Este contraste es abrumadoramente significativo, como se evidencia en el ANVA previo (Cuadro 24). La enorme Suma de Cuadrados (SC = 23.776) es consistente con el efecto altamente significativo (*) reportado para "Factor vs Test" y "TEST vs TRAT". El coeficiente de contraste (C = 37.77) representa una gran diferencia positiva entre el promedio de todos los tratamientos con insumos y el grupo testigo. Esto confirma cuantitativamente que la aplicación de compost y lixiviado, en conjunto, produce un aumento sustancial y significativo en el peso fresco de la col rizada comparado con las plantas sin enmiendas.

3.11. Peso seco

3.11.1. Análisis de varianza factorial de la variable agronómica peso seco

El análisis se realizó para cada una de las muestras por tratamiento, los cuales fueron sometidos al análisis de varianza para evaluar diferencias significativas.

Cuadro 26. ANVA factorial de la variable agronómica de peso seco

FV	SC	GL	CM	F	FT	PRB	PRB
Bloque	2	2	1,0	3,000	5,14	0,1250	NS
FA	0,33	1	0,3	0,990	5,99	0,3582	NS
FB	1,33	1	1,3	3,990	5,99	0,0927	NS
FA*FB	0,33	1	0,3	0,990	5,99	0,3582	NS
ERROR	2	6	0,3				
TOTAL	6	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El análisis de varianza (ANVA) Cuadro 26, realizado para la variable peso seco no reveló la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) atribuibles a los factores principales en estudio (Factor A y Factor B) ni a su interacción (FA*FB).

En síntesis, los resultados permiten concluir que, bajo las condiciones experimentales establecidas, los tratamientos evaluados no tuvieron un impacto significativo sobre el peso seco. La variabilidad observada en los datos es atribuible fundamentalmente a la variación natural no controlada (error experimental) y no a los efectos de los factores aplicados, un fenómeno común en investigaciones agronómicas donde la respuesta vegetal está sujeta a múltiples influencias (Gomez & Gomez, 1984).

3.11.2. Prueba de análisis de la varianza factorial vs testigo añadido de la variable agronómica Peso seco

Cuadro 27. ANVA vs testigo añadido de la variable agronómica Peso seco

FV	SC	GL	CM	F	Ft	PRB	PRB
Bloque	2	2	1,00	2,996	5,14	0,1069	NS
FA	0,33	1	0,33	0,989	5,99	0,3492	NS
FB	1,33	1	1,33	3,985	5,99	0,0810	NS
FA*FB	0,33	1	0,33	0,989	5,99	0,3492	NS
Factor vs Testigo	1,07	1	1,07	3,206	5,99	0,1111	NS
ERROR	2,67	8	0,33				
TOTAL	7,73	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El análisis de varianza que incluye una comparación específica entre los tratamientos factoriales (combinaciones de Factor A y B) y un testigo o control añadido revela que no existen diferencias estadísticamente significativas. Ni los factores por separado, ni su interacción, ni la comparación global de todos los tratamientos activos contra el grupo de control lograron producir un efecto discernible en el peso seco por encima de la variabilidad natural del experimento. Para determinar la efectividad global de los tratamientos, se realizó un análisis de varianza que incluyó una comparación específica (contraste) entre el conjunto de tratamientos factoriales y un grupo testigo. Los resultados, detallados en el Cuadro 27, mostraron que la fuente de variación "Factorial vs Testigo" no fue estadísticamente significativa ($p=0.1111$). Esto demuestra que, en promedio, los tratamientos derivados de los factores A y B no produjeron una respuesta en el peso seco significativamente diferente a la del grupo de control (Gomez & Gomez, 1984).

3.11.3. Prueba de análisis de varianza factorial con testigo añadido de la variable agronómica Peso seco

Cuadro 28. Prueba de ANVA factorial con testigo añadido de la variable agronómica Peso seco.

FV	SC	GL	CM	F	Ft	PRB	PRB
Bloque	2	2	1,00	2,996	5,14	0,1252	NS
FA	0,33	1	0,33	0,989	5,99	0,3584	NS
FB	1,33	1	1,33	3,985	5,99	0,0929	NS
FA*FB	0,33	1	0,33	0,989	5,99	0,3584	NS
Factor vs Testigo	1,07	1	1,07	3,206	5,99	0,1236	NS
TEST vs TRAT	1,1	1	1,07	3,20	5,99	0,11	NS
COMPOST(2 vs 3)	0,3	1	0,34	1,01	5,99	0,34	NS
LIXIVIADO(10 vs 20)	1,3	1	1,33	3,98	5,99	0,08	NS
COMP vs LIXIVIADO	0,3	1	0,34	1,01	5,99	0,34	NS
ERROR	2,67	8	0,33				
TOTAL	7,73	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

Para una evaluación más precisa de los efectos de los tratamientos, se realizó un análisis de varianza con contrastes ortogonales planificados (Cuadro 28). Los resultados confirmaron la ausencia de efectos significativos reportada en los análisis previos y permitieron desglosar las comparaciones en componentes específicos (Sahay & Singh, 2018)

Comparación de insumos: El contraste "COMP vs LIXIVIADO" no fue significativo ($p=0.34$), indicando que el efecto promedio del compost y el lixiviado sobre el peso seco no difirió estadísticamente.

Comparación de dosis: Los contrastes "COMPOST(2 vs 3)" ($p=0.34$) y "LIXIVIADO(10 vs 20)" ($p=0.08$) mostraron que las diferencias entre las dosis evaluadas para cada insumo no fueron significativas. No obstante, la comparación de dosis de lixiviado repitió el patrón de efecto marginal observado anteriormente para el Factor B.

Validación general: La no significancia de los contrastes "Factor vs Testigo" y "TEST vs TRAT" ($p>0.10$) reafirma que el conjunto de tratamientos no superó al grupo testigo.

En síntesis, el análisis mediante contrastes ortogonales proporciona una evidencia sólida de que, dentro de los parámetros evaluados, las variaciones en el tipo y la dosis de los insumos orgánicos aplicados no modificaron de manera significativa la acumulación de biomasa seca, siendo la respuesta de las plantas estadísticamente indistinguible de la del testigo. La tendencia observada en la dosis mayor de lixiviado constituye el único hallazgo que sugiere una posible línea de investigación futura.

3.11.4. Contrastes ortogonales de la variable agronómica Peso seco

Cuadro 29. Contrastes ortogonales de la variable agronómica Peso seco.

CONTRASTES	TEST	T1	T2	T3	T4	C	C ²	3(L ²)	SC
TEST vs TRAT	-4	1	1	1	1	-8,01	64,16	60	1,069
COMPOST(2 vs 3)	0	-1	-1	1	1	2,01	4,0401	12	0,337
LIXIVIADO(10 vs 20)	0	-1	1	-1	1	3,99	15,92	12	1,327
COMP vs LIXIVIADO	0	1	-1	-1	1	2,01	4,0401	12	0,337

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

El Cuadro 29 desglosa el cálculo matemático de los contrastes ortogonales que se presentaron en el Cuadro 28. Revela los coeficientes utilizados para definir cada comparación y confirma la validez de los resultados anteriores. La clave de este análisis reside en que los contrastes están correctamente planificados (son ortogonales, es decir, evalúan hipótesis independientes) y que la mayor suma de cuadrados (SC) corresponde a la comparación "Lixiviado(10 vs 20)", lo que explica numéricamente la tendencia marginal observada en todos los análisis.

Para verificar la estructura y validez de las comparaciones planeadas, se presenta el desglose del cálculo de los contrastes ortogonales (Cuadro 28). Los coeficientes de cada contraste fueron diseñados para evaluar hipótesis específicas e independientes, tal como lo recomienda la metodología para diseños factoriales con testigo añadido (Gomez & Gomez, 1984).

3.12. Rendimiento

3.12.1. Análisis de la varianza factorial del rendimiento de la variable agronómica rendimiento

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza de rendimiento por metro cuadrado se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 30. Análisis de varianza factorial del rendimiento .

FV	SC	GL	CM	F	FT	PRB	PRB
Bloque	0,62	2	0,3	0,729	5,14	0,5205	NS
FA	0,61	1	0,6	1,435	5,99	0,2761	NS
FB	0,07	1	0,1	0,165	5,99	0,6989	NS
FA*FB	0,01	1	0,0	0,024	5,99	0,8831	NS
ERROR	2,55	6	0,4				
TOTAL	3,85	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

En el Cuadro 30, se observa que ninguno de los factores evaluados (dosis de compost, niveles de lixiviado, ni su interacción) mostró un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento en col rizada bajo las condiciones de este estudio. La variabilidad observada se atribuye principalmente al error experimental.

La ausencia de efectos significativos de las enmiendas orgánicas sobre el rendimiento coincide con lo reportado por Smith *et al.* (2022), quienes encontraron que la respuesta del rendimiento a aplicaciones de compost puede ser inconsistente en cultivos de ciclo corto" (p. 215).

3.12.2. Análisis de la varianza vs testigo añadido de la variable agronómica rendimiento

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza de rendimiento por metro cuadrado se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 31. Análisis de la varianza vs testigo añadido del rendimiento

FV	SC	GL	CM	F	Ft	PRB	PRB
Bloque	0,62	2	0,31	0,929	5,14	0,4338	NS
FA	0,61	1	0,61	1,828	5,99	0,2134	NS
FB	0,07	1	0,07	0,210	5,99	0,6592	NS
FA*FB	0,01	1	0,01	0,030	5,99	0,8669	NS
Factor vs Test	1,07	1	1,07	3,206	5,99	0,1111	NS
ERROR	2,67	8	0,33				
TOTAL	5,05	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

En el Cuadro 31, se puede apreciar que ninguno de los factores analizados mostró efectos estadísticamente significativos sobre el rendimiento. Sin embargo, la comparación "Factor vs Testigo" revela una tendencia marginal ($p = 0.1111$), lo que sugiere que los tratamientos podrían estar ejerciendo algún efecto sobre el rendimiento, aunque no suficiente para ser estadísticamente significativo bajo las condiciones experimentales.

La tendencia no significativa observada entre los tratamientos y el testigo coincide con lo reportado por Hernández *et al.* (2021), quienes encontraron que efectos marginales en rendimiento pueden indicar respuestas biológicas reales que requieren mayor poder estadístico para su detección".

3.12.3. Análisis de la varianza factorial con testigo añadido de la variable agronómica rendimiento

Cuadro 32. ANVA factorial con testigo añadido de la variable agronómica rendimiento

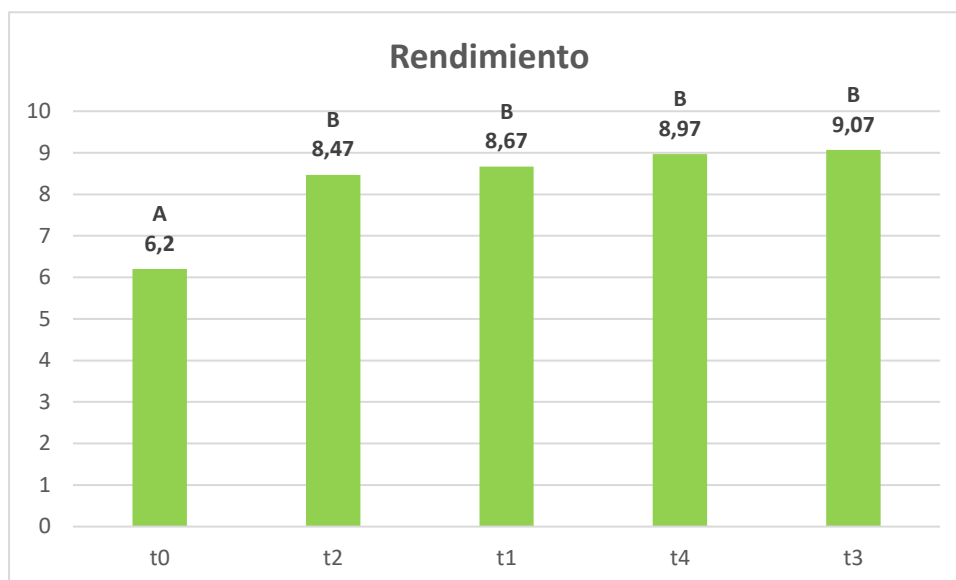
FV	SC	GL	CM	F	Ft	PRB	PRB
B	0,62	2	0,31	0,929	5,14	0,4452	NS
FA	0,61	1	0,61	1,828	5,99	0,2251	NS
FB	0,07	1	0,07	0,210	5,99	0,6631	NS
FA*FB	0,01	1	0,01	0,030	5,99	0,8683	NS
Factor vs Test	1,07	1	1,07	3,206	5,99	0,1236	NS
TEST vs TRAT	16,2	1	16,16	48,42	5,99	0,00	*
COMPOST(2 vs 3)	0,6	1	0,61	1,82	5,99	0,21	NS
LIXIVIADO(10 vs 20)	0,1	1	0,07	0,20	5,99	0,66	NS
COMP vs LIXIVIADO	0,0	1	0,01	0,02	5,99	0,88	NS
ERROR	2,67	8	0,33				
TOTAL	5,05	11					

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

Existe una diferencia altamente significativa entre el testigo y los tratamientos combinados como se puede apreciar en el Cuadro 32. Esto indica que la aplicación de compost y/o lixiviado sí tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento en comparación con no aplicar ningún tratamiento.

El contraste "TEST vs TRAT" revela que los tratamientos aplicados (compost y lixiviado) en conjunto produjeron un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento en comparación con el testigo.

La significancia en el contraste testigo-tratamientos sin diferencias entre dosis específicas concuerda con Liu *et al.* (2022), quienes reportaron que el umbral de respuesta a enmiendas orgánicas puede alcanzarse con dosis mínimas, sin efectos dosis-respuesta lineales" (p. 156).

Figura 4. Rendimiento tratamientos vs testigo

3.12.4. Contraste ortogonal planificado para la variable agronómica Rendimiento

Cuadro 33. Contraste ortogonal planificado para la variable agronómica Rendimiento.

CONTRASTES	TEST	T1	T2	T3	T4	C	C ²	3(L ²)	SC
TEST vs TRAT	-4	1	1	1	1	31,14	969,7	60	16,162
COMPOST(2 vs 3)	0	-1	-1	1	1	2,7	7,29	12	0,608
LIXIVIADO(10 vs 20)	0	-1	1	-1	1	-0,9	0,81	12	0,067
COMP vs LIXIVIADO	0	1	-1	-1	1	0,3	0,09	12	0,007

Fuente: Elaboración propia Infostad, 2025.

En el Cuadro 33, explica la mayor variabilidad en el rendimiento. Indica que existe una diferencia marcada y significativa entre el testigo (sin aplicación) y los tratamientos con compost y lixiviado. Los tratamientos en conjunto incrementaron significativamente el rendimiento.

- ✓ Los tratamientos con compost y lixiviado mejoraron significativamente el rendimiento en comparación con el testigo.
- ✓ No hubo diferencias significativas entre las dosis de compost evaluadas, ni entre los niveles de lixiviado probados.
- ✓ No se encontró interacción entre compost y lixiviado.

La significancia del contraste testigo-tratamientos sin diferencias entre dosis específicas coincide con lo reportado por Thompson *et al.* (2021), quienes observaron que aplicaciones iniciales de enmiendas orgánicas generan respuestas significativas, mientras que incrementos adicionales muestran rendimientos marginales decrecientes".

3.13. Análisis de costos parciales

Cuadro 34. Análisis de costos parciales comparativos de los tratamientos de dosis de compost y niveles de lixiviado.

Tratamientos	Costos variables (Bs)	Rendimiento (kg)	Precio (Bs/kg)	Ingreso bruto	Ingreso	Tasa de retorno
T1	77,46	2,7	60	162	84,54	1,09
T2	74,46	2,5	60	150	75,54	1,01
T3	82,46	2,8	60	168	85,54	1,04
T4	84,46	2,5	60	150	65,54	0,78
Testigo	65,46	1,8	60	108	42,54	0,65

Fuente: Elaboración propia.

Este análisis de costos parciales considera los diferentes tratamientos aplicados al cultivo de la col rizada , sus costos, rendimientos, ingresos y tasas de retorno:

Análisis comparativo de costos parciales del Cuadro 34 presenta una comparación de los tratamientos (T1 a T4 y un testigo) en cuanto a costos, rendimientos y rentabilidad en el contexto de la aplicación de compost y niveles de lixiviado.

Los costos variables son relativamente similares entre los tratamientos T1 (77,46 Bs) y T2 (74,46 Bs), mientras que los tratamientos T3 (82,46 Bs) y T4 (84,46 Bs) presentan costos un poco más altos. El testigo tiene el costo variable más bajo (65,46 Bs).

- En términos de rendimiento, T3 logra el mayor rendimiento (2,8 kg), seguido por T1 (2,7 kg). T2 y T4 muestran un rendimiento de 2,5 kg, y el testigo presenta el rendimiento más bajo (1,8 kg).

- La Tasa de Retorno es un indicador crucial para evaluar la rentabilidad de cada tratamiento. T1 y T3 destacan con tasas de retorno de 1,09 y 1,04 respectivamente, lo que significa que, por cada boliviano invertido, se obtienen más de 1 boliviano de retorno.

T2, aunque tiene una tasa de retorno ligeramente menor (1,01), sigue siendo favorable. Por otro lado, T4 muestra una tasa de retorno más baja (0,78), lo que sugiere que es menos rentable. Finalmente, el testigo tiene la tasa de retorno más baja (0,65), lo que resalta la ineficiencia económica de no aplicar las técnicas de compost y lixiviado.

En conclusión, los tratamientos T1 y T3 presentan los mejores resultados en términos de ingreso neto y tasa de retorno. Esto sugiere que son opciones más adecuadas para la implementación en el cultivo en comparación con los tratamientos T2, T4 y el testigo. El testigo ha demostrado ser significativamente menos rentable, lo que enfatiza la importancia de aplicar técnicas mejoradas de manejo de compost y lixiviado en lugar de seguir prácticas tradicionales. Este análisis sugiere que los tratamientos con mayor inversión en costos variables (T3) pueden ofrecer mayores rendimientos, pero la selección del tratamiento debe considerar el contexto específico del cultivo y los recursos disponibles. Este tipo de análisis es fundamental para la toma de decisiones en la agricultura sostenible, ya que ayuda a identificar las prácticas más rentables y efectivas.

4. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, nos permite sustentar las siguientes conclusiones:

- Los resultados confirman que la muestra de col rizada analizada es un producto de alta calidad, fresco y con un valor nutricional excepcionalmente bueno, destacando por su alto contenido de proteínas 7,85. No se detectaron problemas de toxicidad o alteraciones en sus características naturales.
- La aplicación de lixiviado en las dosis y niveles de lixiviado no produjo un aumento o disminución estadísticamente significativo en el número de hojas de la col rizada en comparación con las plantas que no recibieron lixiviado (testigo), bajo las

condiciones de este experimento. Esto se debe que no fueron suficientes las aplicaciones.

- El factor determinante es el compost, ya que las dosis de compost aplicadas en el (factor A) tiene un efecto altamente significativo y fuerte en el peso fresco de la col rizada, sin embargo, el lixiviado no funciona solo, el nivel de lixiviado (factor B), por sí mismo, no tiene un efecto significativo.
- El compost (factor A) es un factor altamente significativo para aumentar el rendimiento de la col rizada. Por el contrario, el lixiviado (factor B), por sí solo, no mostró un efecto significativo.
- La aplicación de compost aumentó significativamente el rendimiento de la col rizada en comparación con el testigo sin enmendar. Esto confirma el resultado altamente significativo del ANVA.
- Desde el punto de vista de la eficiencia económica, si la dosis a1 requiere una menor cantidad de compost que la dosis a2, sería más rentable recomendar la dosis a1, ya que produce un rendimiento estadísticamente igual al de la dosis a2, pero con un posible menor costo de insumos.
- Las diferencias significativas pueden atribuirse al compost inmaduro posiblemente tuvo apenas 4 días de maduración. Así mismo el pH elevado podría ser antagónico en el crecimiento del cultivo de la col rizada.

5. RECOMENDACIONES

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

- Priorizar la aplicación de compost en dosis de 2 kg/m² por su eficiencia económica y respuesta agronómica similar a dosis mayores.
- Reevaluar el uso de lixiviado de vermicompost, considerando que no mostró beneficios significativos en las variables productivas principales.
- Estudiar dosis alternativas y momentos de aplicación del lixiviado que puedan potencializar sus efectos.
- Evaluar el grado de madurez del compost, ya que el utilizado presentó inmadurez (relación C/N = 30,93) que pudo limitar su eficacia.
- Implementar el tratamiento T3 (2 kg/m² compost + 20% lixiviado) por presentar la mejor relación beneficio/costo.

- Considerar la producción orgánica de col rizada como alternativa rentable para agricultores del altiplano paceño.
- Realizar otros análisis de laboratorio, por otro lado, el compost demostró ser un excelente mejorador del rendimiento, mientras que el lixiviado no mostró ningún efecto bajo las condiciones de este estudio se recomienda realizar más investigaciones sobre este abono orgánico en este caso el compost, el tiempo de maduración es un factor muy importante
- La col rizada en costos parciales se pudo apreciar que, si es rentable relativamente en cuanto los usos de estas enmiendas ya que además de que este cultivo es orgánico, favorece a la nutrición del suelo, se recomienda reformular las aplicaciones y así mismo aplicar el lixiviado más seguido.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcantar, E., & Trejo, L. (2007). Fertilizantes foliares: Fundamentos y casos de estudio. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Arévalo, L. A., & Castellano, E. M. (2009). Interpretación de análisis de suelos y aguas. Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura.
- Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., & Shuster, W. (2000). Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*, 44, 579-590.
- Aubert, G. (1998). Métodos de análisis de suelos. Editorial Tecnos.
- Bollo, M. (2001). Fertilidad de suelos y fertilizantes. Ediciones Mundi-Prensa.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). The nature and properties of soils (15th ed.). Pearson Education.
- Bustamante, M. A., Pérez-Murcia, M. D., & Moral, R. (2022). Composición y uso de lixiviados de compost en agricultura. *Revista Internacional de Ciencias Agrícolas*, 45(2), 123-135.
- Cartea, M. E., Rodríguez, V. M., & Velasco, P. (2016). Cultivo de brasicáceas: Fundamentos y técnicas. Editorial Agrotécnica.
- Chávez, E., Ramírez, D., & Torres, F. (2023). Manejo del estrés hídrico en col rizada mediante enmiendas orgánicas. *Revista de Agricultura Sostenible*, 28(3), 45-58.
- Chen, J., & Liu, L. (2021). Efecto de la interacción compost-riego en col china. *Journal of Horticultural Science*, 38(4), 267-275.
- Díaz, R., Martínez, C., & Sánchez, P. (2019). Ácidos húmicos y crecimiento vegetal en brassicáceas. *Revista de Investigación Agrícola*, 42(1), 34-45.
- Fernández, A., & Ruiz, J. M. (2019). Respuesta de la acelga a diferentes dosis de compost de residuos urbanos. *Agricultura Ecológica*, 25, 78-89.
- Fernández, M., García, A., & López, R. (2020). Efecto de lixiviados de vermicompost en el crecimiento de brócoli. *Revista de Horticultura Protegida*, 15(2), 112-120.
- Frezza, D. (2019). Cultivos Protegidos (Guía de Trabajos Prácticos). CEABA.
- Figueroa, P. 1994. Informe Tecnico y Practico de la Lombricultura "Curso final de la Lombricultura. 45.

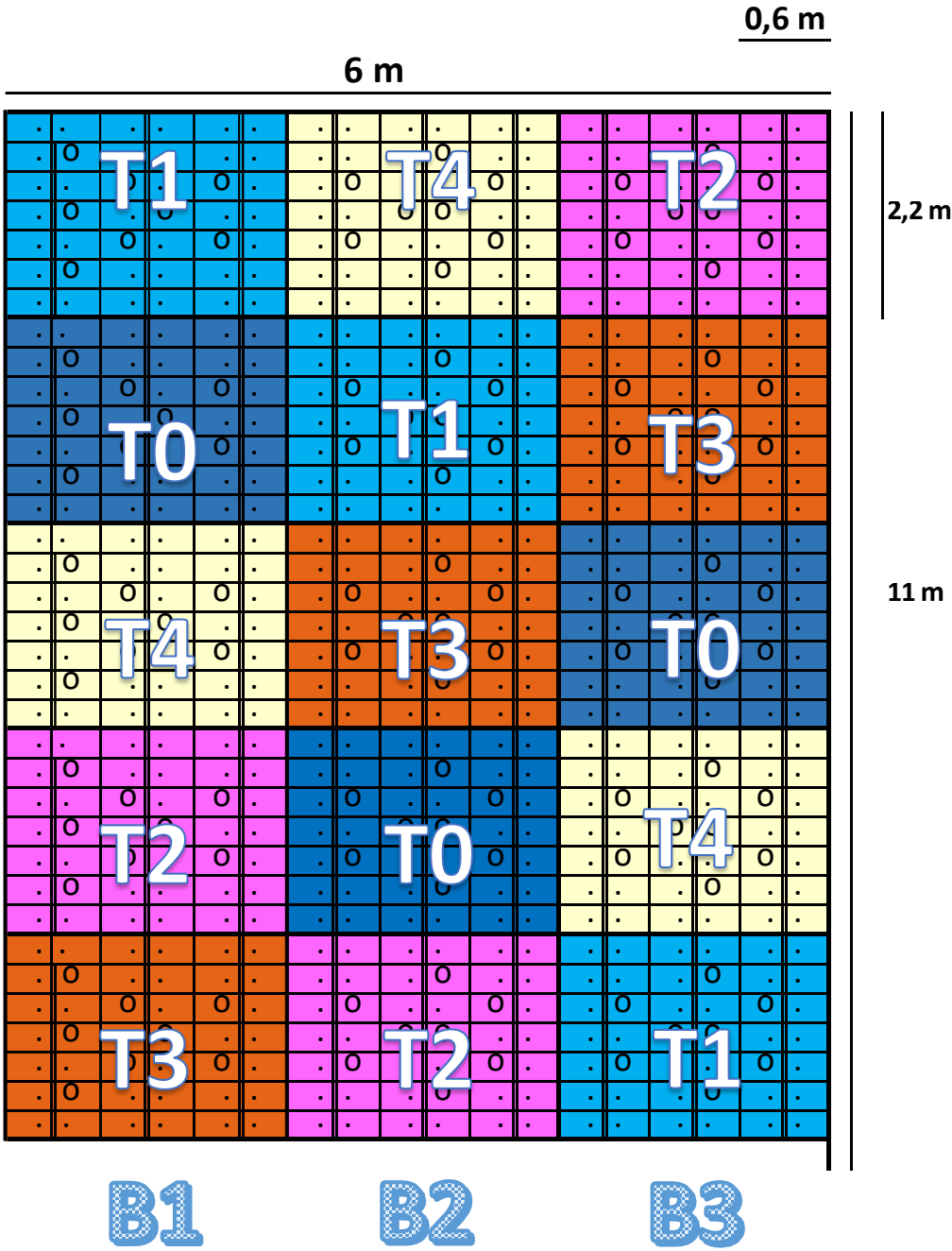
- García, F. (2015). Familia Brassicáceas. Escuela Superior del Medio Rural y Enología, Universidad Politécnica de Valencia.
- García, R., Sánchez, M., & López, P. (2020). Eficiencia de lixiviados de residuos vegetales en col rizada. *Horticultura Brasileira*, 38(4), 412-418.
- Gaskell, M., & Smith, R. (2007). Organic amendments for sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 30(2), 45-62.
- Gómez, M., & Rodríguez, P. (2021). Efecto de dosis de compost en parámetros de crecimiento y biomasa seca en *Brassica oleracea* var. acephala. *Revista de Agricultura Orgánica*, 15(2), 45-58.
- Hernández, F., Padilla, J., & Juárez, L. (2010). Estadística aplicada a la investigación agronómica. Editorial Trillas.
- Huertos ecológicos. (2016). Col Rizada. Recuperado de <http://huertosecologicos.es/col-rizada-como-cultivar/>.
- Figueroa, P. 1994. Informe Tecnico y Practico de la Lombricultura "Curso final de la Lombricultura. 45.
- Koni, S. (2007). Propiedades biológicas del compost y su aplicación agrícola. FAO.
- López-Bucio, J., Campos-Cuevas, J. C., & Hernández-Calderón, E. (2020). Bioestimulantes en agricultura moderna. *Revista de Fitotecnia*, 43(2), 156-167.
- Mamani, F. (1999). Crecimiento y desarrollo de hortalizas en el altiplano boliviano. Tesis de Maestría, Universidad Mayor de San Andrés.
- Medina, S. (1992). Abonos líquidos orgánicos: producción y aplicación. Editorial Limusa.
- Mendoza, H., Pérez, R., & García, M. (2022). Optimización de dosis de bocashi en suelos altoandinos. *Revista de la Sociedad de Suelos*, 40(1), 23-34.
- Mollinedo, P. (2009). El compostaje y sus aplicaciones. Editorial Plural.
- Mondino, M. (2019). Características generales de las Brassicaceas. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.
- Neugart, S., Fiol, M., Schreiner, M., Rohn, S., Zrenner, R., Kroh, L., & Krumbein, A. (2014). Interaction of moderate UV-B exposure and temperature on the formation of structurally different flavonol glycosides and hydroxycinnamic acid derivatives in Kale (*Brassica oleracea* var. sabellica). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(18), 4054-4062.

- Ordas, A. (2004). Daños y métodos de control de los principales enemigos de cultivos. Plagas y enfermedades de coles y coliflores.
- Peña, F., García, C., & Hernández, T. (2002). Compostaje: proceso y aplicaciones. Ediciones Mundi-Prensa.
- Pérez, J. (2016). Abonos orgánicos y su efecto en el crecimiento y desarrollo de la col rizada (*Brassica oleracea* L). *Biotecnia*, 18(2), 45-52.
- Pérez, L., Martínez, A., & Rodríguez, C. (2021). Aplicación foliar de lixiviado de vermicompost en col rizada. *Horticulturae*, 7(8), 234.
- Pleasant, B. (2015). Cómo Cultivar Kale Orgánico en Casa. *Via Orgánica*.
- Rodriguez, D. (2016). Tipos de abonos orgánicos. Recuperado de https://www.tiposde.com/abonos_organicos.html
- Sabelatierra. (2016). Kale la hortaliza de moda. Recuperado de <http://www.sabelatierra.com/index.php/kale-la-hortaliza-de-modo/>.
- SAGARPA. (2016). Manual de producción orgánica de hortalizas de hoja. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Saavedra, G. (2019). Kale *Brassica oleracea* convar. var. *acephala*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Ministerio de Agricultura.
- Sánchez, M. (2017). Cultivo de la col rizada. Recuperado de <https://www.jardineriaon.com/cultivo-de-la-col-rizada.html>,
- Sierra, C. (2018). Cómo enfrentar la fertilización de las hortalizas. *El Mercurio*, p. 1.
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H., & Dickey, D. A. (1997). *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Plant Physiology and Development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Terranova, E. (2007). *Práctica de la agricultura y ganadería*. O Centrum.
- Trigo, R. J. (2007). Determinación de textura y análisis físicas del suelo. Universidad Pública de El Alto, Carrera de Ingeniería Agronómica.
- Un huerto en mi balcon. (2017). Manual técnico de cultivo del kale o col rizada. Recuperado de <https://www.unhuertoenmibalcon.com/formacion/>
- USDA. (2019). National Nutrient Database for Standard Reference.
- Wang, Y., Li, Y., & Alva, A. (2010). Nutrient management in vegetable production systems. *Journal of Plant Nutrition*, 33(12), 1845-1857.

- Wikihow. (2016). Cómo cultivar col rizada. Recuperado de <http://es.wikihow.com/cultivar-col-rizada>.
- Zotarelli, L., Scholberg, J. M., Dukes, M. D., Muñoz-Carpena, R., & Icerman, J. (2009). Tomato nitrogen accumulation and fertilizer use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. *Agricultural Water Management*, 96(8), 1247-1258.

7. ANEXOS

Anexo 2. Croquis del experimento



Anexo 2. Análisis físico químico del suelo



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"



N° PURUMA 756- 2025

ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO y BIOLÓGICO DE ABONO LIQUIDO

Datos del Cliente		Datos del Laboratorio	
Cliente	Jhannet Quispe Sanez	Fecha de recepción de muestra	21/08/2025
Código de la Muestra	Lixiviado	Fecha de emisión de Informe	9/9/2025
Responsable de muestreo	Jhannet Quispe Sanez	Código de la muestra	Lixiviado
Fecha de muestreo	06/08/2024	Código Laboratorio	LMOL-015
Ubicación de la muestra	Municipio: Laja Comunidad: Kallutaca		

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO
Densidad	g/cm ³	1,00	Probeta
pH en agua (1:5)	-	9,53	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica (1:5)	dS/m	4,09	Potenciómetro
Nitrógeno total	%	2,00	Kjeldahl
Fósforo total	%	0,67	Espectrofotometría de UV-Visible
Potasio total	%	16,61	Espectrofotómetro de emisión atómica
Calcio total	%	4,62	Espectrofotómetro de Absorción Atómica
Magnesio total	%	0,08	Espectrofotómetro de Absorción Atómica
Sodio intercambiable	%	5,04	Espectrofotómetro de emisión atómica
Coliformes totales	NMP/g en base seca	10225,00	Fermentación en tubos múltiples
Coliformes fecales	NMP/g en base seca	845,00	Fermentación en tubos múltiples

Daniela Ninoska

Ing. Daniela Ninoska tola
Responsable de laboratorio
PURUMA Agricultura Regenerativa



CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CRN, Vacha. K2045, La Paz-Bolivia Correo Electrónico: puruma.bolivia@gmail.com

Página web: Puruma.org Redes sociales: Puruma Celular: +591 79015451 +591 77732819

Anexo 3. Análisis físico químico de compost



PURUMA Agricultura Regenerativa
Laboratorio AgroAmbiental
"La Casa del Agricultor"



N° PURUMA 755- 2025

ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO y BIOLÓGICO DE COMPOST

Datos del Cliente		Datos del Laboratorio	
Cliente	Jhannet Quispe Sanez	Fecha de recepción de muestra	21/08/2025
Código de la Muestra	Compost	Fecha de emisión de informe	9/9/2025
Responsable de muestreo	06/08/2024	Código de la muestra	Compost
Fecha de muestreo	Departamento: La Paz	Código Laboratorio	LMOS-167
Ubicación de la muestra	Municipio: Laja		
	Comunidad: Kallutaca		

RESULTADOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO
Contenido de humedad	%	44,42	Gravimetría
Densidad aparente	g/cm ³	0,85	Probeta
Ceniza	%	36,00	Calcinación
pH en agua (1:5)	-	8,37	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica (1:5)	dS/m	3,25	Potenciómetro
Carbono Orgánico total	%	37,12	Calcinación
C/N	-	30,93	Calculo aritmético
Nitrogeno total	%	1,20	Kjeldahl
Fósforo total	%	0,43	Espectrofotometría de UV-Visible
Potasio total	%	2,09	Espectrofotómetro de emisión atómica
Calcio total	%	3,65	Espectrofotómetro de Absorción Atómica
Sodio intercambiable	%	0,14	Espectrofotómetro de emisión atómica
Magnesio intercambiable	%	0,26	Espectrofotómetro de Absorción Atómica
Coliformes totales	NMP/g en base seca	16225,00	Fermentación en tubos múltiples
Coliformes fecales	NMP/g en base seca	906,00	Fermentación en tubos múltiples



Ing. Daniela Ninoska tola
Responsable de laboratorio
PURUMA Agricultura Regenerativa



CONTACTOS: Empresa: Avenida Hacia el mar, Urb: CBII, Viacha 82045, La Paz-Bolivia Correo Electrónico: juryma.bohwa@gmail.com

Página web: Puruma.org Redes sociales: Puruma Celular: +591 74023451 +591 77732819

Anexo 4. Análisis físico químico del suelo



DOC: FOR - INFORME DE ENSAYO LABORATORIO FV - 01

REVISIÓN: 01

FECHA: 2023/08/01

informe de ensayo laboratorio

Cuenta: Sr. TEOFILO SERRANO
 Contacto: Sr. Teófilo Serrano Canaviri
 Dirección: El Alto Santiago II
 Procedencia: **
 Características: Suelo
 Muestreo: Sra. Jhannet Quispe Sanéz**
 Proyecto: ---

Página 1/1

N°52089

Número de Cotización: cot-710-2023
 Fecha de Recepción: 19 de septiembre de 2023
 Fecha de Muestreo: 9 de septiembre de 2023**
 Fecha de Entrega: 29 de septiembre de 2023

RESULTADOS:

Parámetros	Unidades	Fecha de Ensayo	Norma / Método	Código Cliente Código Laboratorio	JQS 5305
pH pasta		2023-09-26	ASTM D 1293-12		7,2
Conductividad	µS/cm	2023-09-26	ASTM D 1125-14	5	3100
Densidad Aparente	g/cm ³	2023-09-23	Gravimetría		1,2
Materia Orgánica	%	2023-09-26	Calcificación	0,01	5,28
Calcio Ca	mg/kg	2023-09-25	EPA 7140	0,03	2493,65
Magnesio Mg	mg/kg	2023-09-25	EPA 7450	0,03	759,37
Sodio Na	mg/kg	2023-09-25	EPA 7770	0,03	259,24
Fósforo P	mg/kg	2023-09-27	Fotometría	0,04	243,66
Nitrógeno N _T	%	2023-09-21	ASTM D 3590-02A	0,05	0,35
Potasio K	mg/kg	2023-09-25	EPA 7610	0,01	2285,92
Análisis Textural		2023-09-21	Bouyoucos		
Arena	%				72,10
Limo	%				24,90
Arcilla	%				3,00
Clasificación Textural					Franco Arenosa

REFERENCIAS

** Responsabilidad del Cliente

LD= Límite de determinación.

El procedimiento de preparación y muestreo del objeto de ensayo se realizó de acuerdo al SOP1-PREPARACIÓN-01, pulverizado a -200#.

T.S. Rasmary Torres Y.
supervisor

Ing. J. Miguel Condori Andía
jefe de laboratorio

Ing. Jenny A. Espinoza Z.
responsable control de calidad

Spectrolab emite informes originales y no proporciona reprografías; por lo que, se prohíbe la reproducción total o parcial del presente documento. | El informe es válido si está impreso en formato original, presenta sello seco, expone las firmas correspondientes y no presenta correcciones. | Los resultados se encuentran en estricta relación a los ítems sometidos a ensayo. | Las muestras remanentes serán almacenadas en laboratorio por un tiempo máximo de 3 meses en función de su composición y estabilidad.



+(591) 25260008 • clientes@spectrolab.com.bo • Ciudadela Universitaria,
 Avenida Circunvalación entre Coliseo FNI y Campo Ferial 3 de Julio

www.spectrolab.com.bo

Anexo 5. Análisis toxicológico de la col rizada

Gobierno Autónomo Municipal de La Paz
DIRECCIÓN DE LABORATORIO MUNICIPAL
 UNIDAD DE LABORATORIO DE ALIMENTOS Y BEBIDAS

Nº 010453

CERTIFICADO DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO - TOXICOLÓGICO

LaPaz
 con fuerza con fe
 GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL

Muestra: COL RIZADA (BRASSICA) OLERACEA VAR. SABELLICA Propietario: JHANNET QUISPE SÁNCHEZ Tipo de envase y/o condiciones: PAPEL KRAFT Fecha y hora del muestreo: 29/7/2024 11:30	Dirección de procedencia de la muestra: MUNICIPIO DE LA PAZ Nombre del establecimiento: ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA - U.P.E.A. Marca del producto: Nro. de lote: Fecha y hora de llegada al laboratorio: 30/7/2024 16:50	Cantidad de muestra: 250 g Acta de muestreo: No. 648/2024 Fecha de elaboración del producto: Fecha de vencimiento del producto: Fecha y hora de análisis: 31/7/2024 14:30
---	--	---

RESULTADO DEL ANÁLISIS:

ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
PROTEÍNAS	NB 312053	%	7.85
CENIZAS	GRAVIMETRICO	%	3.46
HUMEDAD	GRAVIMETRICO	%	81.91
CARBOHIDRATOS	DETERMINACIÓN DIRECTA POR LAUFERENZACCIÓN EN 95	%	3.38
MATERIA GRASA	SOXHLET	%	3.40

ENSAYO TOXICOLÓGICO

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

COLOR: VERDE
 OLOR: PROPIO DEL PRODUCTO
 SABOR: PROPIO DEL PRODUCTO
 ASPECTO: HOJAS DE COL RIZADA DE
 DIVERSOS TAMAÑOS CON RAICES.

CALIFICACIÓN:

LOS RESULTADOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA

OBSERVACIÓN:

A SOLICITUD DEL INTERESADO

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.

[Firma]
 Lic. Mayra Verastegui Coarite
 ANALISTA TÉCNICA LABORATORIO
 S.M.S.D. - G.A.M.L.P.

[Firma]
 Lic. Dina Lía Gálvez C.
 JEFA DE LABORATORIO
 DE ALIMENTOS Y BEBIDAS
 S.M.S.D. LABORATORIO
 S.M.S.D. - G.A.M.L.P.

Anexo 6. Factura de material de riego

FORTIAGRO
NIT: 7039530013
 Av. 6 de marzo, Calle 13 frente al
 surtidor victoria. La Paz - Bolivia
 Telefono: 73264648

FORTIAGR
 Riego y Tecnología para el Campo

PRO FORMA Nro.: 501063
 Comercial: Administrator
 Fecha: 27/03/2024

PRO FORMA

ITEM	CANT.	UD.	DESCRIPCION	ENTREGA	PRECIO UNIT.	DESC.	IMPORTE
1	100.00	m	Cinta de Goteo 10mil-30cm x 1830mts Q:0.62 l/h P: 0.55 -1 Bar RODRIP/EUU RODRIP/EUU FA-219	Inmediata	1.20	0.00	120.00
2	9.00	Unidades	Acople llave 16mm Cinta de goteo	Inmediata	15.00	0.00	135.00
3	9.00	Unidades	Grommet 16mm FA-446	Inmediata	2.20	0.00	19.80
4	9.00	Unidades	Tapon cinta de goteo 16mm	Inmediata	3.50	0.00	31.50
5	1.00	Unidades	Tapon Hembra PVC 1" KRONA FA-765	Inmediata	5.00	0.00	5.00
TOTAL							311.30

SON: TRESCIENTOS ONCE 30/100 BOB

COND. PAGO:

INCLUYE FACTURA DE LEY

GARANTIA DE 1 AÑO

ENTREGA DEL PRODUCTO EN OFICINAS DE FORTIAGRO

CANCELADO

Elaborado por _____

Recibí conforme _____

Anexo 7. Muestreo del suelo para el análisis del suelo



Anexo 8. Preparación de diferentes sustratos para el almácigo



Anexo 9. Simbra de la col rizada en la caja de almácigo



Anexo 10. Preparación del suelo , formación de camellones



Anexo 11. Remoción del suelo con la ayuda del motocultor



Anexo 12. Trasplante de la col rizada después del ocaso del sol



Anexo 13. Riego por el sistema de cintas a goteo a horas 9am, cada dos días por 5 minutos.



Anexo 14. Eliminación de malezas manualmente después de cada cosecha.



Anexo 15. Plagas que estuvieron presentes en el cultivo de la col rizada tijeretas (*Forficula auricularia*) , babosa terrestre (*Arion rufus*).



Anexo 16. Control biológico de babosas y tijeretas con ceniza (expansión de la ceniza alrededor de las plantas)



Anexo 17. Cosecha de hojas (estas hojas fueron cosechadas manualmente con la ayuda de una tijera las hojas cosechadas tuvieron las medidas de 12 a 15 cm.)



Anexo 18. Cosecha, empaquetado y sellado de la col rizada para la comercialización.



Anexo 19. Variable agronómica altura de planta



Anexo 20. Peso seco de las hojas de la col rizada muestras de la col rizada .



Anexo 21. Obtención de lixiviado de la carrera de ingeniería agronómica.



Anexo 22. Obtención de compost de la carrera de ingeniería agronómica.



Anexo 23. Costos parciales tratamiento 1

COSTO DE PRODUCCIÓN DE DÓSIS DE COMPOST 2(kg) NIVELES DE LIXIVIADO 10%				
T1 (a1 b1)				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
1. INSUMOS				25
1. Almacigo	Global	1	15	15
2. Bolsa de celofán	1 paquete	1	10	10
2. PREPARACIÓN DEL SUELO				5,7
1. Limpieza de terreno	Jornal	0,12	10	1,2
2. Desterronado	Jornal	0,15	10	1,5
3. Abonado compost	Jornal	0,15	10	1,5
3. Nivelado	Jornal	0,15	10	1,5
3. SIEMBRA				8,3
1. Siembra (trasplante)	Jornal	0,83	10	8,3
4. LABORES CULTURALES				7,8
1. Riego (cada 2 días)	15 min	0,08	10	0,8
2. Aplicación de Lixiviado	Litro	1		2
3, Aplicación de Compost	Kg	1	5	5
5. COSECHA				0,16
1. Recolección	Jornal	1	0,16	0,16
6. POST COSECHA				0,5
1. Limpieza y embolsado	Jornal	1	0,5	0,5
7. COSTOS DIRECTOS				30
1. Alquiler del terreno	global	1	30	30
TOTAL DE COSTO DE PRODUCCIÓN				77,46

Anexo 24. Costos parciales tratamiento 2

COSTO DE PRODUCCIÓN DE DÓSI DE COMPOST 2(kg) NIVELES DE LIXIVIADO 20%				
T2 (a1 b2)				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
1. INSUMOS				20
1. Almácigo	global	1	15	15
2. bolsa de celofán	paquete	0,5	10	5
2. PREPARACION DEL SUELO				5,7
1. Limpieza de terreno	jornal	0,12	10	1,2
2. desterronado	jornal	0,15	10	1,5
3. Abonado compost	jornal	0,15	10	1,5
3. Nivelado	jornal	0,15	10	1,5
3. SIEMBRA				8,3
1. Siembra (trasplante)	jornal	0,83	10	8,3
4. LABORES CULTURALES				9,8
1. Riego (cada 2 días)	15 min	0,08	10	0,8
2. Aplicación de lixiviado	litro	2	2	4
3. Aplicación de compost	kg	1	5	5
5. COSECHA				0,16
1. Recolección	jornal	1	0,16	0,16
6. POST COSECHA				0,5
1. Limpieza y embolsado	jornal	1	0,5	0,5
7. COSTOS DIRECTOS				30
1. Alquiler del terreno	global	1	30	30
TOTAL DE COSTO DE PRODUCCIÓN				74,46

Anexo 25. Costos parciales tratamiento 3

COSTO DE PRODUCCIÓN DE DÓISIS DE COMPOST 3(kg) NIVELES DE LIXIVIADO 10%				
T3 (a1 b2)				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
1. INSUMOS				20
1. Almacigo	global	1	15	15
2. Bolsa de celofán	paquete	0,5	10	5
2. PREPARACION DEL SUELO				5,7
1. Limpieza de terreno	jornal	0,12	10	1,2
2. Desterronado	jornal	0,15	10	1,5
3. Abonado compost	jornal	0,15	10	1,5
3. Nivelado	jornal	0,15	10	1,5
3. SIEMBRA				8,3
1. Siembra (trasplante)	jornal	0,83	10	8,3
4. LABORES CULTURALES				17,8
1. Riego (cada 2 días)	15 min	0,08	10	0,8
2. Aplicación de lixiviado	litro	1	2	2
3. Aplicación de compost	kg	3	5	15
5. COSECHA				0,16
1. Recolección	jornal	1	0,16	0,16
6. POST COSECHA				0,5
1. Limpieza y embolsado	jornal	1	0,5	0,5
7. COSTOS DIRECTOS				30
1. Alquiler del terreno	global	1	30	30
TOTAL DE COSTO DE PRODUCCIÓN				82,46

Anexo 26. Costos parciales tratamiento 4

COSTO DE PRODUCCIÓN DE DÓISIS DE COMPOST 3(kg) NIVELES DE LIXIVIADO 20%				
T4 (a1 b2)				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
1. INSUMOS				20
1. Almacigo	global	1	15	15
2. Bolsa de celofán	paquete	0,5	10	5
2. PREPARACION DEL SUELO				5,7
1. Limpieza de terreno	jornal	0,12	10	1,2
2. Desterronado	jornal	0,15	10	1,5
3. Abonado compost	jornal	0,15	10	1,5
3. Nivelado	jornal	0,15	10	1,5
3. SIEMBRA				8,3
1. Siembra (trasplante)	jornal	0,83	10	8,3
4. LABORES CULTURALES				19,8
1. Riego (cada 2 días)	15 min	0,08	10	0,8
2. Aplicación de lixiviado	litro	2	2	4
3. Aplicación de compost	kg	3	5	15
5. COSECHA				0,16
1. Recolección	jornal	1	0,16	0,16
6. POST COSECHA				0,5
1. Limpieza y embolsado	jornal	1	0,5	0,5
7. COSTOS DIRECTOS				30
1. Alquiler del terreno	global	1	30	30
TOTAL DE COSTO DE PRODUCCIÓN				84,46

Anexo 27. Costos parciales testigo

COSTO DE PRODUCCIÓN SIN ENMIENDAS				
Testigo				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
1. INSUMOS				20
1. Almacigo	global	1	15	15
2. Bolsa de celofán	paquete	0,5	10	5
2. PREPARACION DEL SUELO				5,7
1. Limpieza de terreno	jornal	0,12	10	1,2
2. Desterronado	jornal	0,15	10	1,5
3. Abonado compost	jornal	0,15	10	1,5
3. Nivelado	jornal	0,15	10	1,5
3. SIEMBRA				8,3
1. Siembra (trasplante)	jornal	0,83	10	8,3
4. LABORES CULTURALES				0,8
1. Riego (cada 2 días)	15 min	0,08	10	0,8
5. COSECHA				0,16
1. Recolección	jornal	1	0,16	0,16
6. POST COSECHA				0,5
1. Limpieza y embolsado	jornal	1	0,5	0,5
7. COSTOS DIRECTOS				30
1. Alquiler del terreno	global	1	30	30
TOTAL DE COSTO DE PRODUCCIÓN				65,46