

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE PAK-
CHOI (*Brassica chinensis* L.), CON DIFERENTES NIVELES DE
COMPOST EN AMBIENTE PROTEGIDO EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

Por:

Eva Priscila Quispe Caviña

EL ALTO – BOLIVIA

Octubre, 2024

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

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE PAK-CHOI (*Brassica chinensis* L.), CON DIFERENTES NIVELES DE COMPOST EN AMBIENTE PROTEGIDO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA

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

Eva Priscila Quispe Caviña

Asesores:

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

Tribunal Revisor:

Lic. Ing. Vicky Ruth Villca Calle

Lic. Ing. Walter Fernandez Molina

Lic. Ing. Guiber Guarachi Condori

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

Dedicado a Dios y a mi amada familia, quienes han sido los pilares fundamentales de mi éxito académico y personal. A Dios, por su guía, fortaleza y amor incondicional a lo largo de mi camino. A mi familia, les dedico este trabajo como muestra de mi profundo agradecimiento por su apoyo constante y su amor incondicional. Este logro es un tributo a su sacrificio y amor, y reconozco que, sin ellos, no habría sido posible alcanzarlo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios por haberme guiado en cada etapa y por su presencia constante en mi trayectoria universitaria. Estoy infinitamente agradecida por su amor incondicional, su guía constante. Su presencia ha sido mi fortaleza y su amor me ha impulsado a superar los desafíos que se presentaron en mi camino. Agradezco a Dios por su infinita gracia y por haberme brindado la sabiduría y el discernimiento necesarios para alcanzar este logro.

A mis padres; Zacarias Quispe y Angelica Caviña, a mis hermanos; Monica, Aaron y Melissa, a mi abuelo Genaro (†). Vuestro inquebrantable apoyo y amor incondicional han sido la fuerza impulsora detrás de este logro. Gracias por ser mi apoyo constante, brindarme aliento en los momentos difíciles y celebrar mis éxitos con alegría.

A la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto (UPEA), al plantel docente y administrativo, por haberme acogido durante mi formación profesional.

A mi estimado asesor M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, por su invaluable contribución a lo largo de esta investigación. Aprecio sinceramente el tiempo y la atención que ha brindado para revisar y evaluar mi trabajo, así como por compartir su conocimiento y perspectivas en el proceso.

A mis distinguidos tribunales, Lic. Ing. Walter Fernandez Molina, Lic. Ing. Vicky Ruth Villca Calle y Lic. Ing. Guiber Guarachi Condori por su inestimable apoyo durante la elaboración de esta tesis. Su dedicación, experiencia y valiosos aportes han sido fundamentales para el éxito de este trabajo de investigación.

A mis apreciados amigos, por ser mi apoyo y fuente de alegría a lo largo de esta travesía académica. Vuestra amistad incondicional ha sido un regalo invaluable en mi vida. Cada momento compartido ha sido un tesoro que ha enriquecido mi experiencia universitaria de manera inigualable.

A todos aquellos que han formado parte de mi trayecto académico, les quiero extender mi más sincera gratitud. Cada aporte, ya sea un consejo, una palabra de aliento o una experiencia compartida, ha dejado una huella significativa en mi camino.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS.....	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
ABREVIATURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Cultivo de pak-choi.....	4
2.1.1. Origen del pak-choi	4
2.1.2. Descripción taxonómica	4
2.1.3. Variedades	4
2.1.4. Características botánicas	5
2.1.5. Requerimientos climáticos y edáficos	6
2.1.6. Requerimiento nutricional.....	6

2.1.7.	Valor nutrimental del pak-choi	6
2.1.8.	Producción de pak-choi	7
2.1.9.	Rendimiento de pak-choi	8
2.2.	Compostaje	8
2.2.1.	Compost	8
2.2.1.1.	Beneficios del compost	9
2.2.1.2.	Análisis químico del compost	9
2.3.	Producción de pak-choi con abonos orgánicos	10
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1.	Localización	11
3.1.1.	Ubicación geográfica	11
3.1.2.	Características edafoclimáticas	11
3.1.2.1.	Pisos ecológicos y clima	11
3.1.2.2.	Suelo	12
3.1.2.3.	Flora	12
3.2.	Materiales	12
3.2.1.	Material de campo	12
3.2.2.	Material de gabinete	13
3.2.3.	Material vegetal	13
3.2.4.	Material orgánico	13
3.3.	Metodología	14
3.3.1.	Desarrollo del ensayo	14
3.3.2.	Manejo del cultivo	21
3.3.3.	Diseño experimental	23
3.3.4.	Factores de estudio	23
3.3.4.1.	Formulación de tratamientos	24

3.3.5.	Variables de respuesta.....	25
3.3.5.1.	Altura de la planta (AP)	25
3.3.5.2.	Número de hojas por planta (NH):.....	25
3.3.5.3.	Peso (PP)	25
3.3.5.4.	Diámetro de la pella (DP)	26
3.3.5.5.	Área foliar (AF)	26
3.3.5.6.	Rendimiento (RTO)	27
3.3.5.7.	Análisis Económico	28
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1.	Condiciones climáticas.....	29
4.1.1.	Temperatura	29
4.2.	Condiciones edafológicas	30
4.3.	Altura de la planta	34
4.4.	Número de hojas	37
4.5.	Peso	41
4.6.	Diámetro de la pella	44
4.7.	Área foliar	47
4.8.	Rendimiento	49
4.9.	Análisis económico.....	53
5.	CONCLUSIONES	55
6.	RECOMENDACIONES	57
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	59
8.	ANEXOS	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valor nutrimental del pak-choi.....	7
Cuadro 2. Formulación de los tratamientos	24
Cuadro 3. Análisis físico químico del suelo.....	30
Cuadro 4. Análisis químico muestra de agua.....	32
Cuadro 5. Análisis químico del compost	32
Cuadro 6. Balance de nutrientes necesarios para pak-choi.....	33
Cuadro 7. Análisis de la varianza de la altura de la planta de dos variedades de pak-choi con la aplicación de diferentes niveles de compost.....	35
Cuadro 8. Promedios de la altura de las variedades de pak choi	36
Cuadro 9. Análisis de la varianza del número de hojas por planta con de niveles de aplicación de compost a variedades de pak-choi.....	38
Cuadro 10. Promedio del número de hojas con diferentes niveles de compost	38
Cuadro 11. Análisis de la varianza del peso de la planta con de niveles de aplicación de compost a variedades de pak-choi.....	41
Cuadro 12. Promedios del peso con Niveles de compost.....	41
Cuadro 13. Prueba de medias de Duncan del peso por planta de dos Variedades de pak-choi con la aplicación de diferentes Niveles de compost	43
Cuadro 14. Análisis de la varianza del diámetro de la pella con de niveles de aplicación de compost a dos variedades de pak-choi.....	44
Cuadro 15. Prueba de medias de Duncan del diámetro de la pella con diferentes Niveles de compost.....	45
Cuadro 16. Prueba de medias de Duncan del diámetro de la pella de dos variedades de pak choi	45
Cuadro 17. Promedios del diámetro de la pella de dos Variedades de pak-choi con la aplicación de diferentes niveles de compost.....	46
Cuadro 18. Análisis de la varianza del área foliar de dos variedades de pak-choi con la aplicación de diferentes niveles de compost.....	47

Cuadro 19.	Prueba de medias de Duncan del área foliar con diferentes niveles de compost.....	47
Cuadro 20.	Prueba de medias de Duncan del área foliar de dos variedades de pak-choi.	48
Cuadro 21.	Prueba de medias de Duncan del área foliar de dos Variedades de pak-choi con la aplicación de diferentes niveles de compost	48
Cuadro 22.	Análisis de la varianza del rendimiento con de niveles de aplicación de compost a variedades de pak-choi.....	49
Cuadro 23.	Prueba de medias de Duncan del rendimiento con diferentes Niveles de compost.....	50
Cuadro 24.	Prueba de medias de Duncan del rendimiento de dos Variedades de pak-choi con la aplicación de diferentes niveles de compost.....	52
Cuadro 25.	Ingresos por tratamiento.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de la investigación (Earth, 2023)	11
Figura 2.	Arado del suelo.....	14
Figura 3.	Limpieza del área de estudio.....	15
Figura 4.	Delimitación de las parcelas experimentales	16
Figura 5.	Pesado del compost	17
Figura 6.	Aplicación del compost.....	17
Figura 7.	Instalación del sistema de riego	18
Figura 8.	Plantula de pak-choi	18
Figura 9.	Cosecha de pak choi	19
Figura 10.	Registro de datos	20
Figura 11.	Muestras preparadas para la toma de datos.....	20
Figura 12.	Embolsado de pak-choi	22
Figura 13.	Preparación de pak-choi para su comercialización	22
Figura 14.	Registro de la Altura de las Plantas	25
Figura 15.	Medición del Diámetro utilizando un Vernier	26
Figura 16.	Imágenes de las hojas de pak-choi.....	27
Figura 17.	Determinación del Área mediante ImageJ	27
Figura 18.	Temperaturas máximas, mínimas y media registrados desde noviembre 2023 a enero de 2024	29
Figura 19.	Prueba de medias de Duncan de la Altura de Planta con diferentes Niveles de compost.....	35
Figura 20.	Promedios de la Altura de Planta de dos Variedades de pak-choi con Niveles de compost.....	36
Figura 21.	Prueba de medias de Duncan del número de hojas por planta con diferentes variedades	39

Figura 22.	Promedios del número de hojas por planta con con la aplicación de Niveles de compost a dos Variedades de pak-choi	40
Figura 23.	Prueba de medias de Duncan del peso por planta con diferentes variedades	42
Figura 24.	Prueba de medias de Duncan del rendimiento con dos variedades de pak-choi	51
Figura 25.	Relación beneficio/costo por tratamiento	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Croquis de la investigación.....	62
Anexo 2.	Cultivo de pak-choi	63
Anexo 3.	Cosecha y limpieza	63
Anexo 4.	Selección y embolsado.....	63
Anexo 5.	Análisis químico del suelo	64
Anexo 6.	Análisis químico del agua.....	65
Anexo 7.	Análisis químico del compost	66
Anexo 8.	Costos de Producción por tratamiento	67
Anexo 9.	Beneficio-Costo de la producción de pak choi	69
Anexo 10.	Registro de Temperaturas máximas mínimas y medias.....	69
Anexo 11.	Cálculo dosis de abonamiento	70
Anexo 12.	Diseño agronómico de riego.....	75

ABREVIATURAS

cm	Centímetro
km	Kilómetro
m s. n. m.	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro

RESUMEN

El presente estudio investigó el efecto de diferentes niveles de compost en el rendimiento del cultivo de pak-choi (*Brassica chinensis* L.). Se evaluaron dos variedades de pak-choi, Mei Qing Choi y Joi Choi, junto con tres niveles de compost: 0 t/ha, 5 t/ha y 10 t/ha. El objetivo fue determinar si los tratamientos de compost tenían un impacto significativo en el rendimiento de las variedades de pak-choi.

Para llevar a cabo el estudio, se estableció un diseño experimental en ambiente protegido en la Estación Experimental de Kallutaca. Se registraron diversas variables agronómicas, como la altura de planta, el número de hojas por planta, el área foliar, el diámetro de la pella, peso y el rendimiento.

De acuerdo con los resultados obtenidos; el rendimiento promedio más alto corresponde a la aplicación de 5 t/ha (0.5 kg/m²) de compost a la variedad V2 (Joi Choi), con un rendimiento medio de 3.6 kg/m². Le sigue el grupo de la aplicación de 10 t/ha (1 kg/m²) de compost a la misma variedad, con un rendimiento promedio de 2.9 kg/m². La aplicación de 10 t/ha (1 kg/m²) de compost a la variedad V1 (Mei Qing Choi) y la aplicación de 5 t/ha (0.5 kg/m²) de compost a la variedad V1 (Mei Qing Choi), con un rendimiento promedio de 2.4 Y 2.2 kg/m² respectivamente y por último, las aplicaciones de 0 t/ha de compost tanto a la variedad V2 (Joi Choi) como a la variedad V1 (Mei Qing Choi) registraron los rendimientos promedio más bajos, con 1.8 kg/m² y 1.7 kg/m² respectivamente.

En cuanto al análisis económico; el tratamiento T4 (5 t/ha de compost-variedad Joi Choi) presenta el mayor costo inicial, también genera el rendimiento más alto y, en consecuencia, los mayores beneficios brutos y netos. es el más rentable en términos de beneficio, con una relación beneficio/costo de 1.91, por otro lado, los demás tratamientos con valores de B/C que van desde 1.32 para T3 hasta 1.62 para T6, indicando retornos netos positivos, aunque menores en comparación con T4. Los tratamientos; T1, T2 y T5 tienen B/C alrededor de 1.36-1.37, lo que refleja una baja rentabilidad en comparación con el T4; sin embargo, positiva.

Estos resultados resaltan la importancia de considerar múltiples factores en la producción de pak-choi, incluyendo la elección de variedades y la aplicación de compost para obtener resultados óptimos en el cultivo de pak-choi.

ABSTRACT

The present study investigated the effect of different levels of compost on the crop yield of pak-choi (*Brassica chinensis* L.). Two varieties of pak choi, Mei Qing Choi and Joi Choi, were evaluated along with three levels of compost: 0 t/ha, 5 t/ha and 10 t/ha. The objective was to determine if compost treatments had a significant impact on the yield of pak-choi varieties.

To carry out the study, an experimental design was developed in a protected environment at the Kallutaca Experimental Station. Various agronomic variables were recorded, such as plant height, number of leaves per plant, leaf area, peel diameter, weight and yield.

According to the results obtained; The highest average yield corresponds to the application of 5 t/ha (0.5 kg/m²) of compost to the V2 variety (Joi Choi), with an average yield of 3.6 kg/m². This is followed by the group applying 10 t/ha (1kg/m²) of compost to the same variety, with an average yield of 2.9 kg/m². The application of 10 t/ha (1 kg/m²) of compost to the V1 variety (Mei Qing Choi) and the application of 5 t/ha (0.5 kg/m²) of compost to the V1 variety (Mei Qing Choi), with an average yield of 2.4 and 2.2 kg/m² respectively and finally, the applications of 0 t/ha of compost to both the V2 variety (Joi Choi) and the V1 variety (Mei Qing Choi) recorded the lowest average yields , with 1.8 kg/m² and 1.7 kg/m² respectively.

Regarding the economic analysis; Treatment T4 (5 t/ha of compost-Joi Choi variety) has the highest initial cost, it also generates the highest yield and, consequently, the highest gross and net benefits. is the most profitable in terms of benefit, with a benefit/cost ratio of 1.91, on the other hand, the other treatments with B/C values ranging from 1.32 for T3 to 1.62 for T6, indicating positive net returns, although lower in comparison with T4. The treatments; T1, T2 and T5 have B/C around 1.36-1.37, reflecting low profitability compared to T4; however, positive.

These results highlight the importance of considering multiple factors in pak-choi production, including variety choice and compost application to obtain optimal results in pak-choi cultivation.

1. INTRODUCCIÓN

Las hortalizas son plantas herbáceas de mucha importancia para la nutrición, con alimentos sanos y frescos. Las hortalizas aportan muchos beneficios al cuerpo humano como ser: reconstrucción de tejidos (proteínas), producir energía (carbohidratos), regular funciones corporales (vitaminas y minerales), tener una buena digestión (fibra) (Silva, 2017) .

El pak-choi denominado bok choy, paksoi o col china, es una col asiática muy valorada en la gastronomía china. Aunque también se le conoce como repollo chino, su aspecto, parece más bien una hortaliza con tronco de apio y hojas de acelga (Shamirian, 2022).

El pak-choi es una muy buena fuente de vitamina A, vitamina C, vitamina K, riboflavina (B2), vitamina B6, ácido fólico, calcio, hierro, magnesio, potasio y manganeso, y una buena fuente de fibra, proteínas, tiamina (B1), niacina (B3) y fósforo (Salazar, 2014).

Tanto en sabor como en apariencia recuerdan a una acelga, aunque de textura mucho más crujiente. A pesar de que las hojas crudas son algo picantes, una vez cocida se tornan más dulces. Se utiliza en salteados, estofados, sopas y guisos (Manzur y Elgueta, 2020).

El cultivo del pak-choi por ser un cultivo de corto ciclo, necesita la disponibilidad de materia orgánica, nutrientes que abastezcan sus necesidades, por tal razón la utilización de abonos orgánicos adquiere importancia.

En la actualidad en el mundo entero, la fertilización orgánica viene adquiriendo gran importancia social, por la seguridad que ofrece a la salud humana y al medio ambiente, también influye la materia orgánica sobre las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo y sobre el rendimiento de los cultivos (Machaca, 2007).

El compost contribuye al incremento de materia orgánica de los suelos agrícolas, y por tanto a la mejora de su fertilidad, estructura y retención hídrica, previniendo así su erosión y degradación. Ahorra recursos y de uso de abonos químicos, ya que el compost contiene macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes indispensables para el crecimiento de las plantas (Catalunya, s.f.).

1.1. Antecedentes

Las principales ventajas que se logra con la incorporación del compost según APROLAB, (2007) mencionado por Rafael (2015) son: Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua. Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos. Por otro lado, Salazar (2014) menciona que el pak-choi es una fuente importante de vitaminas, fibra y proteínas, esencial en la dieta. Existe distintas variedades de pak-choi, se busca una que tenga un comportamiento adecuado en ambiente protegido. Las razones principales para el cultivo del pak-choi se basan en su utilización completa, ya que toda la planta es aprovechada gracias a sus destacadas propiedades nutricionales y a su ciclo de crecimiento breve.

1.2. Planteamiento del problema

El principal problema que afecta al cultivo del pak-choi es la condición del suelo; hablamos de la fertilidad y las características físicas y químicas del mismo el cual ocasiona un bajo rendimiento.

Debido a la producción intensiva, los suelos son severamente afectados en la disposición de nutrientes que las plantas necesitan para un óptimo desarrollo, se debe reponer constantemente los nutrientes extraídos, para mantener una producción continua.

Las dificultades encontradas en la producción del pak-choi, hacen que se busquen alternativas para su cultivo, como es la aplicación de compost, el cual ayuda a la fertilidad del suelo, estructura y retención hídrica.

Esta investigación surge de la necesidad de generar información confiable para luego transmitirla a las personas interesadas y para promover la producción de alimentos sanos y amigables con el ambiente, por lo cual se presenta la siguiente alternativa que es el cultivo del pak-choi (*Brassica chinensis* L.), que es una hortaliza con alto valor nutritivo.

1.3. Justificación

La presente investigación aborda la problemática del bajo rendimiento de la producción de pak-choi debido al uso ineficiente de insumos que ayuden a la estructura y fertilidad del suelo. Este problema tiene un impacto significativo en la economía local, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental. La relevancia del estudio se centra en la eficiencia del uso de compost, además que los resultados del estudio proporcionarán datos de relevancia que servirán como directrices para los agricultores; sobre como maximizar la producción del pak-choi utilizando compost. Por tal razón se realizó el trabajo de investigación con dos variedades de pak-choi aplicando tres niveles de compost al suelo, para promover el crecimiento y desarrollo gracias a las características propias del compost.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el rendimiento de dos variedades de pak-choi (*Brassica chinensis* L.), con diferentes niveles de compost en ambiente protegido en la Estación Experimental de Kallutaca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de los diferentes niveles de compost en el comportamiento agronómico del pak-choi.
- Comparar los rendimientos de dos variedades de pak-choi (*Brassica chinensis* L.) con la aplicación de compost.
- Analizar la relación Beneficio Costo de la producción de pak-choi (*Brassica chinensis* L.) de dos variedades con la aplicación de compost.

1.5. Hipótesis

- El rendimiento de dos variedades de pak-choi (*Brassica chinensis* L.), con diferentes niveles de compost en ambiente protegido en la Estación Experimental de Kallutaca, no presenta diferencias significativas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultivo de pak-choi

2.1.1. Origen del pak-choi

El pak-choi es una planta oriunda del Extremo Oriente, se cultiva en China hace más de 1500 años, desde donde llegaron al Japón a finales del siglo XIX, estando hoy en día muy extendido su cultivo (Bailon, 2008).

Pak-choi o bok choy (*Brassica rapa subsp. chinensis*), es una importante verdura de hoja que pertenece a la familia Brassicaceae. Tiene un número cromosómico $2n=18$. Este miembro de la familia de las coles tiene varios nombres diferentes, incluyendo pak-choi, bok choy, col china y col mostaza blanca. Se cultiva en Asia, donde los primeros informes de su uso datan del quinto siglo d.C. y tiene sus orígenes en China. Ha sido cultivado en el sur de China, especialmente en el este, noreste y sudeste de Asia, durante más de 1600 años (Pyngrope *et al.*, 2023).

2.1.2. Descripción taxonómica

De acuerdo con Dixon (2013), el pak-choi se clasifica de la manera siguiente:

División: Magnoliophyta (plantas con flor)

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledónea)

Orden: Capparales

Familia: Brassicaceae

Género: Brassica

Especie: *Brassica chinensis* L.

2.1.3. Variedades

Las variedades de pak-choi (*Brassicca chinensis* L.), se amplían con la demanda de cultivo en distintos países y regiones, sus valores nutritivos también son muy valorables como buen vegetal; el cultivo de pak-choi (*Brassicca chinensis*), está siendo utilizado en otros países

como hortaliza para usos en seguridad alimentaria, debido a su alto valor nutritivo y su ciclo productivo corto (Dixon, 2013).

UPOV (2011) menciona que una variedad vegetal representa a un grupo de plantas definido con mayor precisión, seleccionado dentro de una especie, que presentan una serie de características comunes.

Según Dixon (2013); se tiene las siguientes variedades de pak-choi:

- Mei Qing Choi:** Primer tipo de pak-choi Shanghai enano de tallo verde, con buena tolerancia al calor y al frío y resistencia a la floración. EE.UU., esta variedad de cosecha como pak-choi “bebe” es más pequeña que Joi choi, en las preparaciones más elaboradas, solo se utiliza el pequeño corazón.

- Joi Choi:** Este híbrido revolucionó la producción de pak-choi en Norteamérica haciendo de ella un cultivo confiable y fácil de producir con lenta floración y excelente uniformidad, variedad estándar en la industria.

2.1.4. Características botánicas

EcuRed (2013), menciona que el pak-choi es de la familia Crucíferas con un sistema de raíces poco desarrollado y situada principalmente en la capa de suelo comprendida entre 20 y 25 cm. de profundidad. Este carácter del sistema radicular determina las grandes exigencias de esta planta con relación al riego. Hojas glaucas de color verde claro o verde brillante, pecíolos largos que alcanza aproximadamente 10 a 15 cm; anchos y de color que va del blanco a blanco amarillento. El vástago floral alcanza 80 a 120 cm. de alto, cilíndrico, liso de color amarillento y ramificado. Frutos en silicua dehiscente que termina en un apéndice en forma de pico. Su parte inferior está llena de tejido parenquimático en el cual están situadas las semillas.

El pak-choi, pertenece al grupo Chinensis y se cultiva como planta anual, debido a sus hojas comestibles, las cuales se consumen en fresco, siendo un cultivo frondoso con enormes nervaduras centrales de color blanco y carnosas, alcanzan alturas de hasta 60 cm, aunque existen de varios tamaños, formas de hojas y tallos, los cuales pueden ser blancos o verdes. La cosecha se hace recolectando las hojas individuales o la planta entera, así como se pueden recoger los brotes de floración ya que también son comestibles (Martinez, 2021).

Según Nakama (2003), mencionado por (Dixon, 2013); el pak-choi puede iniciarse por siembra directa o almácigo y trasplante, cuando las plántulas poseen entre tres y cuatro hojas verdaderas. El marco de plantación, dependiendo del objetivo de la producción y de las características de los cultivares, puede oscilar entre 30 y 100 cm entre surcos y 15 a 40 cm entre plantas; se estima que transcurren de 50 a 70 días entre la siembra y la cosecha, o entre 30 y 40 días desde el trasplante.

2.1.5. Requerimientos climáticos y edáficos

El pak-choi requiere para su crecimiento temperaturas medias entre 12 y 21 °C. Periodos prolongados con temperaturas inferiores a 12°C y longitud del día superior a 16 horas durante un mes, pueden provocar la floración prematura. El pak-choi se adapta bien a una amplia gama de suelos, desde arenosos a arcillosos. Son preferibles suelos bien drenados y con alto contenido de materia orgánica. El pH ideal es 6,5 a 7 (Garbi, 2016).

2.1.6. Requerimiento nutricional

Se recomienda la aportación de abonado de fondo por hectárea de 70-100 kg de Nitrógeno, 65-85 kg de Fósforo y 150-200 kg de Potasio y abonado de cobertura de 50 kg de Nitrógeno, el pak-choi es una planta con altas necesidades de Boro y que no tolera la falta de manganeso en el suelo (Dixon, 2013).

2.1.7. Valor nutrimental del pak-choi

Los cultivos como el pak-choi tienen importancia en la salud humana, debido a la capacidad antioxidante que posee. Dentro de los principales antioxidantes se encuentran los compuestos fenólicos y el ácido ascórbico, así como el aporte de fibra dietética, compuestos carotenoides y flavonoides, antocianinas y glucosinolatos (Martinez, 2021).

El pak-choi se consume en diversas formas, principalmente por sus hojas y pecíolos. Como se puede observar en el Cuadro 1 este cultivo de hortalizas se caracteriza por tener un alto contenido de agua, bajo valor calórico y contiene proteínas, carbohidratos, fibra, vitaminas y minerales de alta calidad. Es una buena alternativa de cultivo, ya que se encuentra que tiene características similares a otros miembros de la familia Brassicaceae (Pyngrope *et al.*, 2023).

Cuadro 1. Valor nutrimental del pak-choi

Composición bruta	
Agua (g)	95.320
Energía (kcal)	13.000
Proteínas (g)	1.500
Lípidos totales (g)	0,200
Carbohidratos (g)	2.180
Fibra total dietética (g)	1.000
Azúcares totales(g)	1.180
Minerales	
Calcio (mg)	105.000
Hierro (mg)	0,800
Magnesio (mg)	19.000
Fosforo (mg)	37.000
Potasio (mg)	252.000
Sodio (mg)	65.000
Zinc (mg)	0,190
Cobre (mg)	0,021
Manganeso (mg)	0,159
Vitaminas	
Vitamina C (mg)	45,000
Folatos (µg)	66.000
Vitamina A (µg)	223.000

Fuente: Martínez (2021)

2.1.8. Producción de pak-choi

La producción del cultivo de pak-choi está en función a la planta en su totalidad, ya que a la venta al público se hace en esa presentación, es decir, el rendimiento se obtiene mediante el peso en fresco de una planta (Martínez, 2021)

En Bolivia, la producción de pak-choi suele concentrarse en zonas específicas con condiciones de cultivo adecuadas. Aunque no existen datos precisos para todas las regiones del país, se sabe que algunas zonas con clima templado y suelo fértil son más aptas para la agricultura. Zonas como Cochabamba, donde el clima es más fresco, son aptas para el cultivo de pak choi, Lucero (2022). Es importante señalar que es probable que la producción de pak-choi en Bolivia sea a menor escala y principalmente para consumo local o regional.

2.1.9. Rendimiento de pak-choi

En general, el rendimiento promedio del pak-choi puede estar en el rango de 2 kg/m² a 3,5 kg/m², dependiendo de las condiciones óptimas de cultivo y manejo. Estos valores son estimados y pueden variar según la variedad de pak-choi cultivada, las técnicas de fertilización, riego, control de plagas y enfermedades, entre otros factores. Wong (2010), obtuvo los siguientes rendimientos totales y comerciales (2,48 kg/m² y 1,49 kg/m²).

2.2. Compostaje

El compostaje es una técnica, con la cual se da la transformación aeróbica de sustancias orgánicas, para producir el compost. Mediante el compostaje, se desinfecta y estabiliza el residuo, con lo que el producto resultante es inocuo para el ambiente. Al ser un producto natural, tiene una composición homogénea, su pH debe ser, de neutro a ligeramente básico. El compost es el producto final del compostaje. Debido al contenido del humus y de millones de microorganismos, así como otras propiedades como su capacidad de retener el agua y aporte nutricional, es más valioso para el suelo que los estiércoles u otros residuos orgánicos. Estos abonos son fuente no solo de nutrientes, sino que aportan otras sustancias que estimulan el crecimiento, tales como: el ácido indol-3-acético y los ácidos húmicos, entre otros (Garro, 2016).

2.2.1. Compost

El compost es un abono orgánico obtenido de la descomposición controlada de materia orgánica provocada por la alimentación de diferentes organismos que se encuentran en el suelo (bacterias, hongos, lombrices, etc.). Este proceso se realiza siempre en presencia de oxígeno (Gil, 2019).

Según lo mencionado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas "ICTA" (2004) citado por (Dixon, 2013), las tendencias a nivel mundial señalan que las prácticas agrícolas están evolucionando hacia entornos donde se busca reducir la dependencia de productos químicos sintéticos, los cuales están siendo reemplazados por opciones orgánicas o químico-orgánicas. Este cambio tiene como objetivo mejorar la seguridad alimentaria, proteger la salud humana y preservar el medio ambiente en su conjunto;

El abono orgánico derivado de desechos domésticos no solo tiene la capacidad de elevar tanto los nutrientes esenciales como los microelementos en el suelo, sino que también

puede contribuir a la mejora de su estructura. Por ejemplo, el compost orgánico puede incrementar la presencia de nitrógeno, fósforo y potasio, así como de compuestos orgánicos en el suelo, al mismo tiempo que lo afloja, lo que conlleva a una mejora en la calidad y cantidad de los cultivos (Krismawati y Sugiono, 2021).

2.2.1.1. Beneficios del compost

Vitores (2022), indica que el compost contribuye en la mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo. Esto se traduce en un mayor rendimiento de los cultivos, aportando múltiples beneficios:

- Favorece la estructura del suelo
- Mejora la nutrición del cultivo
- Favorece la respiración del sistema radicular (mejora de raíces)
- Aumenta la retención de agua, favorece la hidratación
- Incrementa la retención de nutrientes
- Incorpora microorganismos beneficiosos para el suelo y cultivos
- Reduce la erosión del suelo, así como al mantenimiento de ecosistemas

2.2.1.2. Análisis químico del compost

Apaza (2014), mencionado por Quispe (2015), nos da como propiedades químicas del compost:

- CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)= 7810
- Nitrógeno total (%)= 2,6
- Fosforo total (Pmg /kg)= 6236
- Materia orgánica (%)= 49
- Sodio total (mg/kg)= 7285

- Potasio total (mg/kg)= 15125
- Calcio total (mg/kg)= 16292
- Magnesio total (mg/kg)= 4297
- Cadmio total (mg/kg)= 1,2
- Plomo total (mg/kg)= 27
- Mercurio total (mg/kg)= < 0,20
- Hierro total (mg/kg)= 8023
- Cobre total (mg/kg)= 30
- Cromo total (mg/kg)= 7,1
- Niquel total (mg/kg)= 14

2.3. Producción de pak-choi con abonos orgánicos

El cultivo de pak-choi debe desarrollarse aplicando tecnología agrícola incluyendo el uso de materiales orgánicos. Fuentes de materia orgánica que pueden utilizarse para aumentar la producción de cultivos agrícolas, la materia suele contener muchos elementos, algunos de ellos son esenciales para el mantenimiento de los cultivos. En la agricultura, el uso de desechos orgánicos para aumentar la fertilidad del suelo y la producción agrícola ha se ha hecho durante mucho tiempo. Así, el uso de residuos orgánicos como fuente de nutrientes para las plantas puede solucionar el problema de la contaminación ambiental aportando beneficios al suelo. La función de la materia orgánica del suelo es una fuente de nutrientes y estimula la actividad de los microorganismos del suelo. y mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Rahmawati, 2020).

Kumari (2023), menciona que los parámetros del crecimiento en el cultivo de pak-choi se mejoran debido al aumento de la aplicación de abono orgánico, y la retención de nutrientes del suelo, así como a una mejor capacidad de retención de agua.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental de Kallutaca perteneciente a la Universidad Pública de El Alto (UPEA), La distribución geográfica del cultivo se muestra en la Figura 1, ubicada en la Provincia Los Andes, al Oeste del departamento de La Paz, Situada a $16^{\circ} 31' 28''$ de latitud Sur y $68^{\circ} 18' 30''$ de longitud Oeste; a una altitud de 3.901 m s.n.m. y distante a 15 Km. de la ciudad de El Alto (Mayta, 2012).



Figura 1. Ubicación de la investigación (Earth, 2023)

3.1.2. Características edafoclimáticas

3.1.2.1. Pisos ecológicos y clima

La sección municipal de Laja comprende solamente un piso ecológico, el de Altiplano. A partir de su latitud y altitud (Tosi y Unzueta), se encuentra dentro de la Región subtropical de tierras altas, y tomando en cuenta además otros criterios (Beck), se llega a calificar como Altiplano semiárido a árido (GAML, 2005).

La temperatura promedio anual alcanza los 8.4°C , con un promedio de máximas de 15.7°C y un promedio de mínimas de -2.8°C . La precipitación promedio anual alcanza los 667mm concentrados en los meses de noviembre a marzo, El promedio de precipitación máxima

anual llega a los 911mm y mientras que el promedio mínimo es de 404 mm (GAML, 2005).

3.1.2.2. Suelo

Los suelos son moderadamente profundos, arcillosos e imperfectamente drenados de textura franco arenosa a franco arcillosa, muestran erosión en cárcavas y están clasificados como Cambisoles y Lixisoles (GAML, 2005).

3.1.2.3. Flora

En el altiplano, en general, pocas especies forestales pueden desarrollarse. En la sección municipal, específicamente, se observa en forma muy dispersa o en los sitios de ex haciendas y algunas viviendas, la presencia de kiswa (*Buddleja coriacea*), cipreses (*Cupressus sp.*), eucaliptos (*Eucalyptus globulus*), Pino (*Pinus sp.*) y en menor escala, queñua (*Polylepis besseri*) (GAML, 2005).

3.2. Materiales

3.2.1. Material de campo

El material que se utilizó durante el trabajo de investigación fueron:

- Motocultor
- Agua
- Rastrillo
- Picota
- Guantes
- Vernier
- Lienzas
- Marbetes
- Cinta métrica de 50 m

- Flexo metro de 5 m
- Estacas
- Letreros
- Cámara fotográfica
- Cuaderno de campo
- Bolígrafos
- Madera
- Agrofilm
- Regla graduada

3.2.2. Material de gabinete

Se empleó los siguientes materiales de gabinete:

- Balanza
- Tablet

3.2.3. Material vegetal

Se empleó el siguiente material vegetal.

Semillas de dos variedades de pak-choi:

- Var 1: Mei Qing Choi
- Var 2: Joi Choi

3.2.4. Material orgánico

Se empleó el siguiente material orgánico:

- Compost

3.3. Metodología

3.3.1. Desarrollo del ensayo

Se tuvo el siguiente procedimiento experimental:

•**Planificación de la investigación:** Se estableció de manera clara el problema de investigación, se desarrolló el marco teórico y conceptual, se diseñó la metodología de investigación y se creó un cronograma detallado.

•**Determinación del área de estudio:** La determinación del área de estudio se fundamentó en una cuidadosa evaluación de diversos factores, tales como el tema de investigación, los objetivos planteados, el contexto y la relevancia en el campo de la horticultura. Asimismo, se consideró la disponibilidad de instalaciones de investigación y los recursos necesarios para llevar a cabo el estudio de manera adecuada.

•**Preparación del suelo:** En primer lugar como se puede observar en la Figura 2, se llevó a cabo la eliminación de malezas y residuos vegetales existentes en el área de estudio. Posteriormente, se realizaron labores de arado y nivelación para mejorar la estructura del suelo y facilitar el drenaje adecuado.



Figura 2. Arado del suelo



Figura 3. Limpieza del área de estudio

•**Análisis químico del suelo:** Se tomaron muestras representativas del área de estudio para el análisis químico del suelo. Estas muestras se recolectaron siguiendo un diseño de muestreo adecuado y se procesaron en el laboratorio de manera estandarizada. En el laboratorio, se llevaron a cabo diversas pruebas y técnicas analíticas para determinar las propiedades químicas del suelo, como la medición del pH y la determinación de la concentración de nutrientes.

•**Análisis químico del compost:** Se recolecto muestras representativas del compost y se llevaron al laboratorio para un análisis exhaustivo. Este análisis incluyó la determinación de diversos parámetros químicos que podrían influir en la calidad y disponibilidad de nutrientes para las plantas. Entre estos parámetros se incluyen la concentración de macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio; esenciales para el crecimiento vegetal. Además, se envió a evaluar otros aspectos como el pH del compost, conductividad eléctrica y la presencia de materia orgánica. Estos datos proporcionaron una visión detallada de la composición química del compost y permitieron entender mejor su potencial como fuente de nutrientes para las plantas de pak-choi.

•**Preparación del Sustrato del Almacigo:** La preparación del suelo para el almacigo consistió en una serie de acciones destinadas a crear un ambiente propicio para la germinación y el desarrollo inicial de las plántulas. Se seleccionaron cuidadosamente los componentes del sustrato, como turba, arena y suelo local, y se mezclaron en

proporciones adecuadas para obtener una textura y estructura óptimas, luego se procederá a la desinfección del sustrato con agua hervida.

•**Siembra del Almacigo:** Las semillas fueron sembradas en surcos en el sustrato preparado, cubriéndolas con una capa de sustrato. Se colocó una malla semisombra a la superficie del suelo para proteger las semillas y mantener la humedad adecuada. Luego, se realizó el riego para proporcionar la cantidad de agua necesaria.

•**Trazado de las Parcelas Experimentales:** Tal como se muestra en la Figura 4, se procedió a establecer las unidades experimentales con la ayuda de estacas.



Figura 4. Delimitación de las parcelas experimentales

•**Aplicación de compost:** Como se muestra en la Figura 5, se pesó el compost, seguidamente se procedió a distribuir uniformemente una capa de compost sobre la superficie del suelo previamente preparado en el área de estudio tal como se presenta en la Figura 6. Además, se implementaron diferentes niveles de compost con el propósito de evaluar su efecto en el cultivo. Cada nivel de compost fue aplicado de manera uniforme en las áreas correspondientes a cada tratamiento. El compost utilizado fue previamente elaborado a partir de materia orgánica descompuesta, lo que proporcionó una fuente rica en nutrientes y contribuyó a la salud del suelo.



Figura 5. Pesado del compost



Figura 6. Aplicación del compost

•**Instalación del sistema de riego:** Como se puede observar en la Figura 7 se procedió a la instalación de un sistema de riego por goteo. Este sistema fue implementado con el objetivo de proporcionar un suministro eficiente y controlado de agua a las plantas. El criterio de programación de riego se basó en calcular la demanda hídrica bruta del cultivo, aproximadamente 5.02 mm/día o 5.02 litros por m², considerando un agotamiento del 6% del agua disponible en el suelo. Esto determinó la necesidad de aplicar una lámina de reposición diaria de 5.02 mm para mantener niveles adecuados de humedad. Para asegurar una distribución eficiente del agua, se recomienda un riego diario de aproximadamente 40 minutos o dividido en dos turnos de 20 minutos cada uno. Esta estrategia es crucial para

promover un desarrollo saludable del cultivo y satisfacer sus necesidades hídricas específicas, optimizando así el uso del recurso hídrico disponible.



Figura 7. Instalación del sistema de riego

•**Trasplante:** El trasplante del pak-choi se llevó a cabo tras un cuidadoso proceso. Las plántulas, que ya habían alcanzado un tamaño y vigor adecuados en el almacigo, fueron trasladadas al lugar definitivo de crecimiento, como se ilustra en la Figura 8, durante esta fase, se manipularon con cuidado las plántulas para evitar daños en las raíces y las hojas. Se buscó que estuvieran lo suficientemente maduras para adaptarse sin dificultades al nuevo entorno.



Figura 8. Plántula de pak-choi

•**Labores culturales:** Las labores culturales del cultivo involucraron una serie de actividades realizadas para mantener el área de cultivo en condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas. Estas actividades incluyeron el riego regular para garantizar

un suministro adecuado de agua. Además, se llevaron a cabo labores de deshierbe para controlar el crecimiento de malezas que podrían competir con las plantas por nutrientes y espacio.

•**Cosecha:** La cosecha del pak-choi se llevó a cabo aproximadamente a los 45 días después de su trasplante. En este momento, se realizó un corte preciso en el tallo de cada planta para facilitar su recolección como se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Cosecha de pak choi

•**Registro de datos:** Durante el proceso de registro de datos, se implementó un seguimiento semanal para la variable de altura de las plantas de pak-choi. Esto implicaba mediciones regulares a lo largo del tiempo para monitorear el crecimiento de las plantas y detectar cualquier cambio significativo. Por otro lado, las demás variables, como el peso, el diámetro de la pella, el número de hojas, rendimiento y el área foliar, se evaluaron después de la cosecha, se ilustra en la Figura 10. Se evaluaron cinco muestras por unidad experimental como se puede observar en la Figura 11, esto se hizo para garantizar una recolección oportuna y adecuada de los datos, permitiendo así una

evaluación precisa de estas características una vez que las plantas alcanzaron su madurez óptima.



Figura 10. Registro de datos



Figura 11. Muestras preparadas para la toma de datos

•**Análisis de datos:** Después de la recolección de datos, se procedió a realizar un análisis exhaustivo utilizando el software Infostat (Versión 2020). Se aplicaron técnicas estadísticas avanzadas, incluyendo el análisis de varianza (ANOVA), para examinar la variabilidad entre los diferentes tratamientos y determinar la influencia de las variables independientes, como el nivel de compost y la variedad de pak-choi, en las variables dependientes, como el rendimiento del cultivo. Además, se llevó a cabo la prueba de medias de Duncan para identificar diferencias significativas entre los tratamientos. Este análisis estadístico permitió una evaluación detallada de los efectos de cada factor en las variables de respuesta del cultivo de pak-choi y proporcionó información para la interpretación de los resultados obtenidos.

3.3.2. Manejo del cultivo

Se llevaron a cabo diversas actividades en relación al manejo del cultivo:

- **Deshierbe:** Se realizó el deshierbe de manera regular y meticulosa. Después de la fecha de trasplante, se llevó a cabo el deshierbe de forma manual para eliminar las malas hierbas que competirían por nutrientes, agua y luz con las plantas de pak-choi. Se prestó especial atención a desmalezar alrededor de cada planta de manera cuidadosa.
- **Riego:** Se utilizó un sistema de riego localizado por goteo para proporcionar la cantidad adecuada de agua a las plantas de pak-choi. Se realizaron dos aplicaciones diarias de riego, cada una con una duración de 20 minutos con control automático de válvulas programables que contempla frecuencia y riego, garantizando así un suministro constante de agua para mantener la humedad del suelo en niveles óptimos para el crecimiento de las plantas.

En el diseño agronómico del cultivo, se aplicó una metodología que se basó en datos detallados del suelo, riego y condiciones ambientales. Tras calcular una demanda hídrica bruta de aproximadamente 5.02 mm/día o 5.02 litros por m², se determinó que la lámina de reposición requerida por riego era de 5.02 mm, considerando un agotamiento del 6%. Esto indicó la necesidad de regar diariamente para mantener niveles adecuados de humedad en el suelo.

Para calcular el tiempo de riego necesario, se utilizó una fórmula específica que resultó en aproximadamente 40 minutos por día.

En resumen, un riego diario de aproximadamente 40 minutos o de dos turnos de 20 min para asegurar una humedad adecuada en el suelo, crucial para el desarrollo saludable del cultivo y para satisfacer sus necesidades hídricas específicas.

- **Control de plagas y enfermedades:** Se realizaron inspecciones regulares para identificar cualquier signo de plagas o enfermedades. En caso de detección, se aplicaron medidas preventivas y curativas adecuadas, como la aplicación de productos fitosanitarios selectivos y el uso de técnicas de manejo integrado de plagas. Además, se fomentó la salud general de las plantas a través de prácticas culturales adecuadas.
- **Cosecha:** Se realizó de manera manual. Se efectuó un corte preciso en la base del tallo de cada planta con herramientas afiladas y limpias para evitar daños innecesarios. Se llevó a cabo esta operación con cuidado y precisión para asegurar

que las hojas permanecieran intactos y en óptimas condiciones. Una vez cosechadas, las plantas fueron recogidas, se realizó su limpieza, se procedió a embolsarlas como se ilustra en la Figura 12, se las prepararon para ser cuidadosamente transportadas para su posterior comercialización como se muestra en la Figura 13.



Figura 12. Embolsado de pak-choi



Figura 13. Preparación de pak-choi para su comercialización

3.3.3. Diseño experimental

Se realizó el ensayo bajo el diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas (con tres bloques), donde la parcela principal está representada por los niveles de compost (Factor A) con tres niveles y la subparcela por las variedades (Factor B) con dos variedades haciendo un total de seis tratamientos (Ochoa,2009).

Por lo que el modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$Y_{ijk} = u + \beta_k + \alpha_i + \varepsilon_{ik} + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una observación de la variable de respuesta

u = Media general

β_k = Efecto del k-ésimo bloque

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A (Niveles de compost)

ε_{ik} = Error Experimental (Error de la Parcela Mayor)

γ_j = Efecto del j-ésimo nivel del Factor B (Variedades)

$(\alpha\gamma)_{ij}$ = Efecto del i-ésimo nivel del Factor A (Niveles de compost) con el j-ésimo Factor B (Variedades)

ε_{ijk} = Error experimental (Error de la Subparcela)

3.3.4. Factores de estudio

Para la investigación, se consideraron como factores de estudio los siguientes:

Factor A: Niveles de compost

$$a_1 = 0 \text{ t/ha}$$

$$a_2 = 5 \text{ t/ha}$$

$$a_3 = 10 \text{ t/ha}$$

Factor B: Variedades de pak-choi

$$b_1 = \text{Mei Qing Choi}$$

$$b_2 = \text{Joi Choi}$$

3.3.4.1. Formulación de tratamientos

En el presente estudio se formularon seis tratamientos diferentes para evaluar el impacto de distintos niveles de compost y variedades de pak-choi (*Brassica chinensis* L.) en el crecimiento y rendimiento del cultivo. Los tratamientos se diseñaron combinando tres niveles de compost y dos variedades de pak-choi, resultando en las combinaciones que se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Formulación de los tratamientos

Tratamiento	Nivel de compost t/ha (a)	Variedad (b)	Combinación
T1	0	Variedad 1 (Mei Qing Choi)	a1b1
T2	0	Variedad 2 (Joi Choi)	a1b2
T3	5	Variedad 1 (Mei Qing Choi)	a2b1
T4	5	Variedad 2 (Joi Choi)	a2b2
T5	10	Variedad 1 (Mei Qing Choi)	a3b1
T6	10	Variedad 2 (Joi Choi)	a3b2

Características de las Unidades Experimentales.

Largo: 1.5 m.

Ancho: 1.5 m.

Área Subparcela: 2.25 m²

Área Bloque: 13.5 m²

Distancia entre surcos: 0.50 m.

Distancia entre plantas: 0.30 m.

Número de plantas por m²: 14 plantas

Número de plantas por subparcela: 30 /unid exp.

Número de plantas: 540 por experimento

3.3.5. Variables de respuesta

3.3.5.1. Altura de la planta (AP)

La altura de la planta se midió desde la base hasta el ápice de cada planta de pak-choi como se observa en la Figura 14. Esta medida proporciona información sobre el crecimiento vertical de la planta y su desarrollo general.



Figura 14. Registro de la Altura de las Plantas

3.3.5.2. Número de hojas por planta (NH):

Para determinar el número de hojas por planta, se llevó a cabo un meticuloso conteo de todas las hojas que se encontraban en cada planta de pak-choi durante el proceso de cosecha. Se contabilizaron todas las hojas, desde las más jóvenes hasta las más maduras, con el objetivo de obtener una evaluación completa del desarrollo foliar de cada planta. Este enfoque minucioso garantizó la obtención de datos precisos y confiables sobre el número de hojas presentes en cada planta.

3.3.5.3. Peso (PP)

El peso total de cada planta de pak-choi se determinó utilizando una balanza electrónica que permitió obtener mediciones en gramos. Esta medida proporcionó información importante sobre el peso total de la planta de pak-choi, lo que permitió evaluar su desarrollo y crecimiento durante el período de cultivo.

3.3.5.4. Diámetro de la pella (DP)

Como se muestra en la Figura 15, el diámetro de la pella se midió utilizando un calibrador manual tipo vernier, que permitió una medición precisa y detallada del tamaño de la pella en la parte central de la planta de pak-choi. Esta herramienta garantizó la precisión en la evaluación del diámetro de la pella, lo que es relevante para comprender su tamaño y calidad en relación con su valor como producto final para el consumo.



Figura 15. Medición del Diámetro utilizando un Vernier

3.3.5.5. Área foliar (AF)

El área foliar se midió utilizando el software ImageJ, que es una herramienta de análisis de imágenes ampliamente utilizada en la investigación científica. Primero, se capturaron imágenes de las hojas de pak-choi con una cámara digital como se observa en la Figura 16. Luego, se cargaron estas imágenes en el software ImageJ como se ilustra en la Figura 17, donde se realizó un proceso de calibración para establecer la escala adecuada en función de una referencia conocida en la imagen. Una vez establecida la escala, se procedió a delimitar el contorno de cada hoja utilizando herramientas de selección. Posteriormente, se calculó el área dentro de cada contorno seleccionado. Este proceso se repitió para todas las hojas de la muestra, y los datos de área foliar se recopilaron para su posterior análisis estadístico. El uso de ImageJ permitió una medición precisa y objetiva del área foliar, lo que

proporcionó información importante sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de pak-choi en el estudio.



Figura 16. Imágenes de las hojas de pak-choi

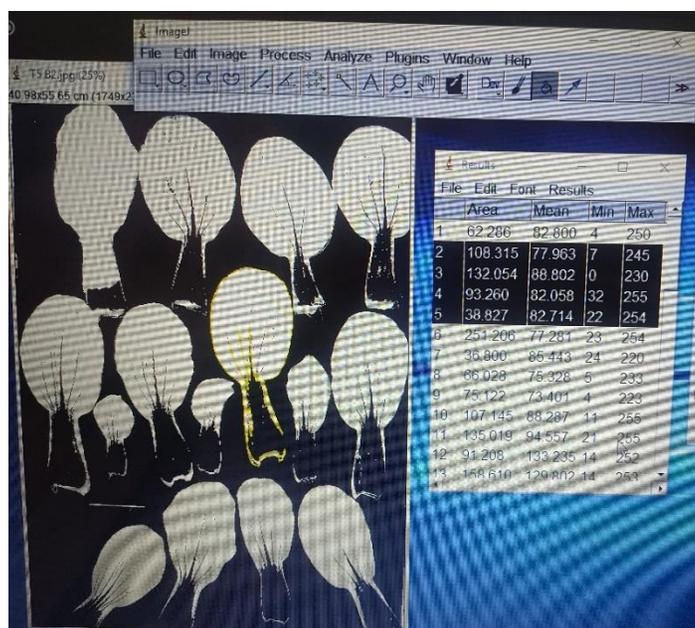


Figura 17. Determinación del Área mediante ImageJ

3.3.5.6. Rendimiento (RTO)

El rendimiento se determinó mediante la suma del peso total de la cosecha en cada área de cultivo asignada a cada tratamiento, expresado en kilogramos por metro cuadrado (kg/m^2). Esta métrica proporcionó una medida precisa de la cantidad de pak-choi producido por unidad de superficie en cada tratamiento, lo que permitió comparar la eficacia de los diferentes tratamientos en términos de productividad del cultivo.

3.3.5.7. Análisis Económico

El análisis de la razón costo-beneficio, según lo descrito por Glenn P. (2000), se lleva a cabo dividiendo el valor actual de los beneficios entre el valor actual de los costos. Bajo este enfoque, se establece que un proyecto será considerado aceptable si la razón (R) resultante es mayor a 1. Además, cuando se enfrenten opciones mutuamente excluyentes, la regla de decisión consistirá en seleccionar la alternativa que presente la razón costo-beneficio más alta.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Condiciones climáticas

4.1.1. Temperatura

Como podemos observar en la Figura 18, el registro de temperaturas se efectuó desde el 28 de noviembre de 2023, fecha en que se realizó el trasplante inicial de pak-choi (*Brassica chinensis* L.) hasta su cosecha que se realizó el 18 de enero de 2024, la temperatura máxima fue de 24 °C, temperatura mínima de 6 °C y la temperatura media de 15 °C proporcionando un entorno relativamente favorable para el cultivo.

El trasplante inicial de pak-choi se realizó el 28 de noviembre de 2023. En este momento, las temperaturas máximas oscilaron alrededor de los 22 °C y las mínimas alrededor de los 7 °C, lo que proporcionó condiciones favorables para el establecimiento inicial de las plántulas. Durante las primeras semanas después del trasplante, las temperaturas se mantuvieron relativamente estables, con temperaturas máximas entre 21 °C y 24 °C y mínimas entre 6°C y 11 °C. Estas condiciones fueron propicias para el crecimiento vegetativo saludable de pak-choi, con un aumento gradual en el tamaño de las hojas y la formación de estructuras foliares. Hacia finales de diciembre y principios de enero, las temperaturas comenzaron a disminuir ligeramente, pero aún se mantenían en un rango favorable para el crecimiento de la planta. Esto sugiere que pak-choi estaba en su etapa de maduración, lista para ser cosechada.

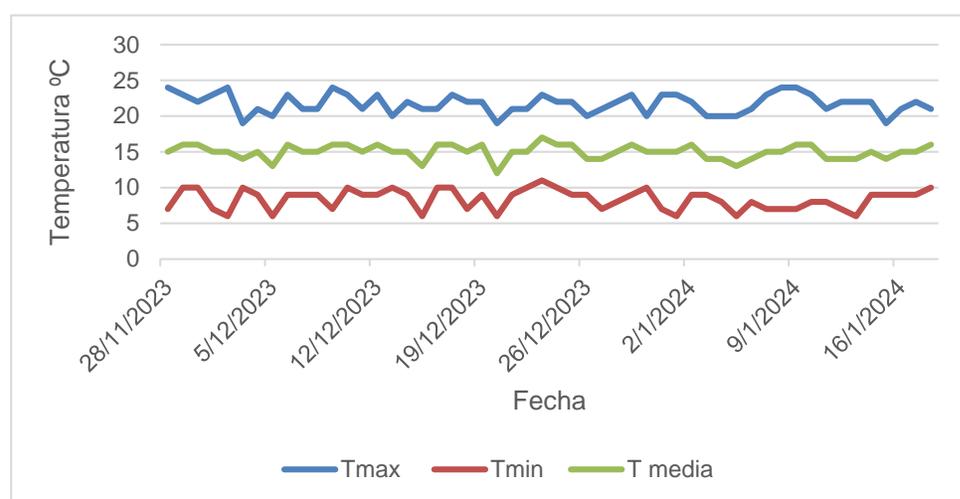


Figura 18. Temperaturas máximas, mínimas y media registrados desde noviembre 2023 a enero de 2024

4.2. Condiciones edafológicas

En el Cuadro 3 se presenta el Análisis físico químico del suelo.

Cuadro 3. Análisis físico químico del suelo

PARÁMETRO		UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
TEXTURA	Arena	%	21	Bouyoucus
	Limo	%	45	
	Arcilla	%	34	
	Clase textural		Franco arcilloso	
Densidad Aparente		g/cm ³	1.053	Probeta
Porosidad		%	55	(Probeta, Picnómetro)
pH en H ₂ O relación 1:25			8.22	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:25		mmhos / cm	4.35	Potenciometría
Potasio intercambiable		meq/100g S	2.774	Acetato de amonio IN (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Nitrógeno total		%	0.48	Kjendahl
Materia orgánica		%	7.70	Walkdey y Black
Fósforo disponible		Ppm	88.40	Espectrofotometría UV-Visible

Fuente: Elaboración propia en base al análisis físico químico de suelos realizado por LAFASA

Textura del suelo

La textura del suelo depende de la proporción de arena, limo y arcilla. Los análisis han demostrado que el suelo tiene una textura franco arcillosa. Debido a su alto contenido en arcilla, este tipo de suelo tiene una alta capacidad de retención de agua.

Densidad aparente

La densidad aparente de 1,053 g/cm³ indica la masa por unidad de volumen del suelo en su estado natural. Aunque el suelo es franco arcilloso, su valor indica una compactación moderada. Este problema puede limitar la aireación y el drenaje, aspectos importantes del crecimiento de las raíces de las plantas. porosidad

Porosidad

Una porosidad del 55% significa que más de la mitad del volumen del suelo está compuesto por espacios porosos que pueden retener agua. Esta característica es muy beneficiosa para las plantas porque asegura un adecuado aporte de agua y nutrientes.

pH del Suelo

El suelo registró un pH de 8,22, lo que indica una alcalinidad moderada. Este nivel de pH indica la posible presencia de sodio intercambiable y altas concentraciones de carbonato. Si bien los carbonatos pueden ayudar a mejorar la estructura del suelo, también pueden fijar el fósforo disponible, reduciendo así la eficacia de los fertilizantes fosfatados hasta en un 80%. Además, la actividad bacteriana se estimula en un ambiente alcalino.

CE del Suelo

La conductividad eléctrica (CE) del suelo fue de 4,35 mmhos/cm, lo que indica una salinidad moderada. Estos niveles pueden afectar la disponibilidad de nutrientes de las plantas y deben monitorearse para gestionar adecuadamente la fertilidad del suelo.

Materia Orgánica

El contenido de materia orgánica en el suelo es del 7,7%, este es un valor bastante alto y tiene un impacto positivo en la estructura y fertilidad del suelo. Sin embargo, en climas fríos

esta proporción se considera moderada, lo que puede afectar la eficiencia de los procesos biológicos en el suelo.

En el Cuadro 4 se presenta el Análisis químico muestra de agua

Cuadro 4. Análisis químico muestra de agua

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
pH en H ₂ O relación 1:5	-	7.38	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:5	mmhos/cm	0.02	Potenciometría

Fuente: Elaboración propia en base al análisis químico muestra de agua realizado por LAFASA

El pH y la conductividad eléctrica (CE) del agua de riego son factores importantes que afectan directamente la salud de las plantas y la productividad en los sistemas de riego. El pH del agua de riego, medido con una dilución 1:5 de 7,38, indica que el agua es ligeramente alcalina. Este pH generalmente se considera adecuado porque facilita el suministro de nutrientes esenciales al suelo y ayuda a mantener las condiciones ideales para el crecimiento de las plantas.

Por otro lado, la conductividad eléctrica (CE) del agua en el sistema de riego, registrando 0.02 mmhos/cm, indica una baja concentración de sales disueltas. Esta baja CE es favorable porque reduce el riesgo de salinidad en el suelo, lo que podría comprometer la absorción adecuada de agua y nutrientes por las plantas. En sistemas de riego localizado por goteo, mantener una CE baja es importante para prevenir la obstrucción de los emisores y garantizar una distribución eficiente del agua a lo largo del cultivo.

En el Cuadro 5 se presenta el Análisis químico del compost.

Cuadro 5. Análisis químico del compost

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDAD	LÍMITE DE DETERMINACIÓN	COMPOST
pH acuoso	ISRIC 4		1-4	7.6

Conductividad eléctrica	ASPT 6	μS/cm	1.0	7900
Fosforo total	Método calcinación/ASPT 91	Mg/kg	0.40	6479
Materia orgánica	Calcinación	%	5.0	41
Nitrógeno total	ASPT-88	%	0.0030	1.9
Potasio total	Microwave Reaction System/EPA 258.1	mg/kg	8.0	21244

El pH del compost es 7,6, lo que indica que es ligeramente alcalino. Esto puede afectar el pH del suelo una vez aplicado, especialmente si el suelo era inicialmente alcalino (pH 8,22 según el análisis anterior). La conductividad eléctrica del fertilizante es elevada, alcanzando los 7900 microSiemes/cm. Esto indica la presencia de una gran concentración de sales solubles. Al fertilizar el suelo, se puede aumentar la conductividad eléctrica del suelo, lo que debe gestionarse para evitar problemas en el suelo.

En conclusión, el compost analizado muestra propiedades favorables que enriquecen y mejoran las condiciones del suelo, promoviendo un ambiente propicio para el crecimiento saludable y la productividad del pak-choi.

En el Cuadro 6 se presenta la dosis de abonamiento

Cuadro 6. Balance de nutrientes necesarios para pak-choi

	N kg	P2O5	K2O
Suelo	21.48	279.25	338.013
5T/ ha de compost	66.5	23	74.2
10T/ ha de compost	133	46	148.4

Extracción necesaria	100	85	200
-------------------------	-----	----	-----

Estimación de extracción de nutrientes en base al rendimiento

Rendimiento (t/ha)	Nitrógeno (kg/ha)	Fósforo (kg/ha)	Potasio (kg/ha)
30	91	315	428
25	76	262	357
20	61	209	285

Aplicación de compost basada en la estimación de extracción de nutrientes para lograr rendimientos óptimos

Compost t/ha	Rendimiento (t/ha)	Nitrógeno Deseado (kg/ha)	Fósforo Deseado (kg/ha)	Potasio Deseado (kg/ha)
5,23	30	91	315	428
4,75	25	76	262	357
3,47	20	61	209	285

4.3. Altura de la planta

El análisis de la varianza de la altura de la planta con la aplicación de diferentes niveles de compost y dos variedades de pak-choi no reveló diferencias estadísticamente significativas entre los bloques ni en la interacción entre compost y variedad ($p > 0.05$). Sin embargo, se observaron diferencias significativas en la altura de la planta entre los distintos niveles de compost ($p < 0.05$), tal como se muestra en el Cuadro 7. Respecto al factor variedad, no se

encontraron diferencias estadísticamente significativas. Además, el coeficiente de variación (CV) fue del 9.35%, por debajo del 30%, lo que indica que nuestros datos son confiables.

Cuadro 7. Análisis de la varianza de la altura de la planta de dos variedades de pak-choi con la aplicación de diferentes niveles de compost

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Bloque	2,36	2	1,18	0,48	0,6496
Compost	45,61	2	22,80	9,32	0,0312 *
Ea	9,79	4	2,45		
Variedad	8	1	8	2,1	0,1971
Compost*Variedad	34,37	2	17,18	4,52	0,0635
Error	22,81	6	3,80		
Total	122,93	17			

* $p < 0,05$

La prueba de comparación múltiple de Duncan para la altura de pak-choi con diferentes dosis de compost muestra que hay dos grupos significativamente diferentes. La aplicación de 5 t/ha de compost registró la mayor media de altura (22.04 cm), seguida por la aplicación de 10 t/ha (21.92 cm), y finalmente la aplicación de 0 t/ha (18.60 cm). Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), lo que sugiere que no hay diferencias significativas entre las dosis de 5 t/ha y 10 t/ha, pero sí entre estas y la dosis de 0 t/ha, tal como se muestra en la Figura 19.

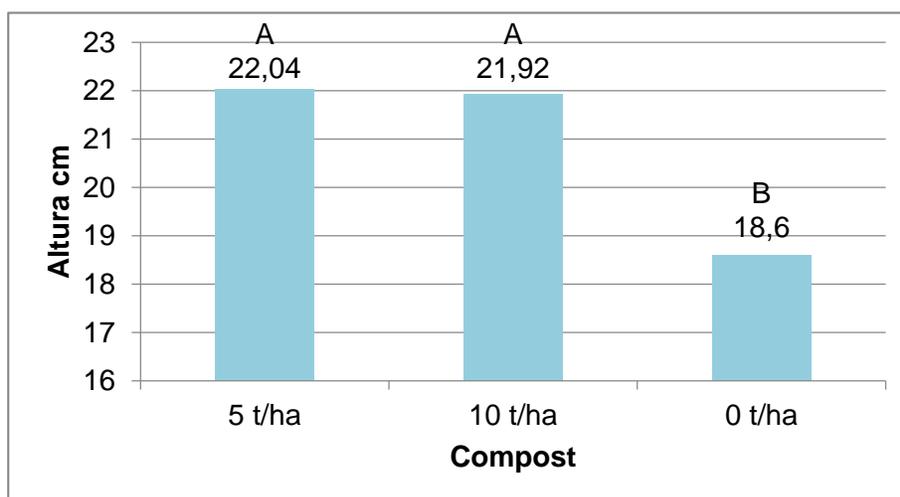


Figura 19. Prueba de medias de Duncan de la Altura de Planta con diferentes Niveles de compost

Los valores presentados en el Cuadro 8, indican que la variedad Joi Choi tiene una altura media de 21.52 cm, mientras que la variedad Mei Qing Choi tiene una altura media de 20.19 cm. Esto sugiere que la variedad Joi Choi tiende a ser ligeramente más alta en comparación con la variedad Mei Qing Choi.

Cuadro 8. Promedios de la altura de las variedades de pak choi

Variedad	Altura (cm)
V2 (Joi Choi)	21,52
V1 (Mei Qing Choi)	20,19

Los promedios para la altura con diferentes dosis de compost de las variedades de pak-choi muestra que la aplicación de 5 t/ha de compost a la variedad V2 (Joi Choi) registró la mayor altura promedio (24.55 cm), seguida por la aplicación de 10 t/ha a la misma variedad (22.21 cm) y la aplicación de 10 t/ha a la variedad V1 (Mei Qing Choi) (21.62 cm). La aplicación de 5 t/ha a la variedad V1 (Mei Qing Choi) mostró una altura promedio significativamente menor (19.53 cm), seguida por la aplicación de 0 t/ha a la misma variedad (19.41 cm) y la aplicación de 0 t/ha a la variedad V2 (Joi Choi) (17.79 cm), tal como se muestra en la Figura 20.

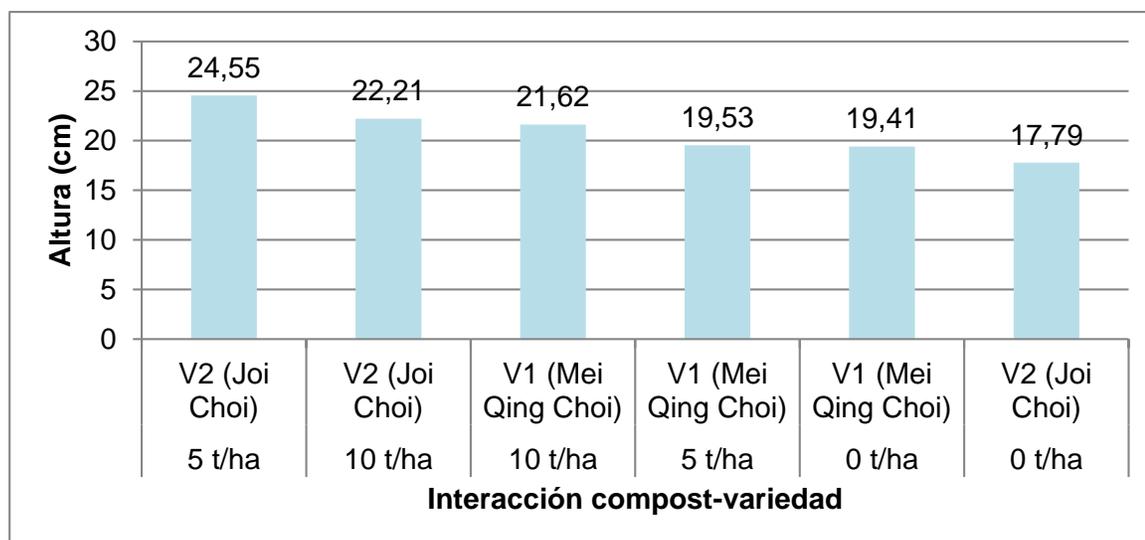


Figura 20. Promedios de la Altura de Planta de dos Variedades de pak-choi con Niveles de compost

La altura es un indicador de crecimiento en las plantas, los resultados obtenidos en este estudio muestran una altura promedio de 24.55 cm; con la aplicación de 5 t/ha de compost, estos resultados superan a los reportados por Dixon (2013), quien reportó alturas de 22.65 cm en La Esperanza y 12.08 cm en Hierba Buena siendo estos ligeramente menor a los resultados obtenidos. Según Ferruzzi (1986); la riqueza del compost en nutrientes y compuestos promotores del crecimiento, como los fitorreguladores y enzimas, puede influir significativamente en el desarrollo de las plantas; sugiriendo que el compost utilizado en el estudio contenía niveles de estos compuestos promotores del crecimiento, lo que resultó en un mayor crecimiento de las plantas.

Por otro lado, los resultados de Dixon obtenidos en diferentes lugares enfatizan la importancia de las condiciones locales y la composición del suelo de las plantas en crecimiento. Ferruzzi, también añadió que “el medio ambiente y la composición del suelo son determinantes de la efectividad de compost”. Esto puede explicar las diferencias entre los estudios.

4.4. Número de hojas

En el Cuadro 9, se observa el análisis de la varianza del número de hojas con diferentes niveles de compost en dos variedades de pak-choi el cual revela varios hallazgos significativos. Se observa que la interacción entre el compost y la variedad tiene un impacto estadísticamente significativo en el número de hojas por planta ($p = 0.0264^*$). Además, se encontró una diferencia altamente significativa en el número de hojas por planta entre las dos variedades de pak-choi ($p = 0.0059^{**}$), lo que indica que la elección de la variedad puede influir en la cantidad de hojas producidas. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el número de hojas por planta entre los diferentes niveles de compost ($p = 0.1193$). Estos resultados sugieren que, si bien tanto el compost como la variedad tienen un impacto diferente en el número de hojas por planta, la forma en que interactúan estos dos factores también es relevante. Esto significa que el efecto del compost en el número de hojas puede variar dependiendo de la variedad específica de pak-choi que se esté cultivando, y viceversa. Por lo tanto, al manejar el cultivo de pak-choi, es importante considerar no solo la aplicación de compost y la elección de la variedad, sino también cómo estas dos variables interactúan entre sí.

Cuadro 9. Análisis de la varianza del número de hojas por planta con de niveles de aplicación de compost a variedades de pak-choi

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Bloque	7,89	2	3,95	1,20	0,3910
Compost	24,97	2	12,49	3,79	0,1193
Ea	13,17	4	3,29		
Variedad	39,31	1	39,31	17,31	0,0059**
Compost*Variedad	32,16	2	16,08	7,08	0,0264*
Error	13,63	6	2,27		
Total	131,14	17			

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

De acuerdo con el Cuadro 10 los promedios indican que las dosis más altas, 10 t/ha y 5 t/ha, muestran un promedio de 17 hojas por planta, mientras que la dosis más baja, 0 t/ha, tiene un promedio menor de 14 hojas por planta. Esto sugiere un posible efecto positivo del compost en el número de hojas en el cultivo de pak-choi.

Cuadro 10. Promedio del número de hojas con diferentes niveles de compost

Compost	Número de hojas
10 t/ha	17
5 t/ha	17
0 t/ha	14

La prueba de comparación múltiple de Duncan para el número de hojas de dos variedades de pak-choi muestra que hay dos grupos significativamente diferentes. La variedad V2 (Joi Choi) registró un mayor número de hojas promedio (18), mientras que la variedad V1 (Mei Qing Choi) tuvo un número de hojas promedio significativamente menor (15), como se puede ver en la Figura 19.

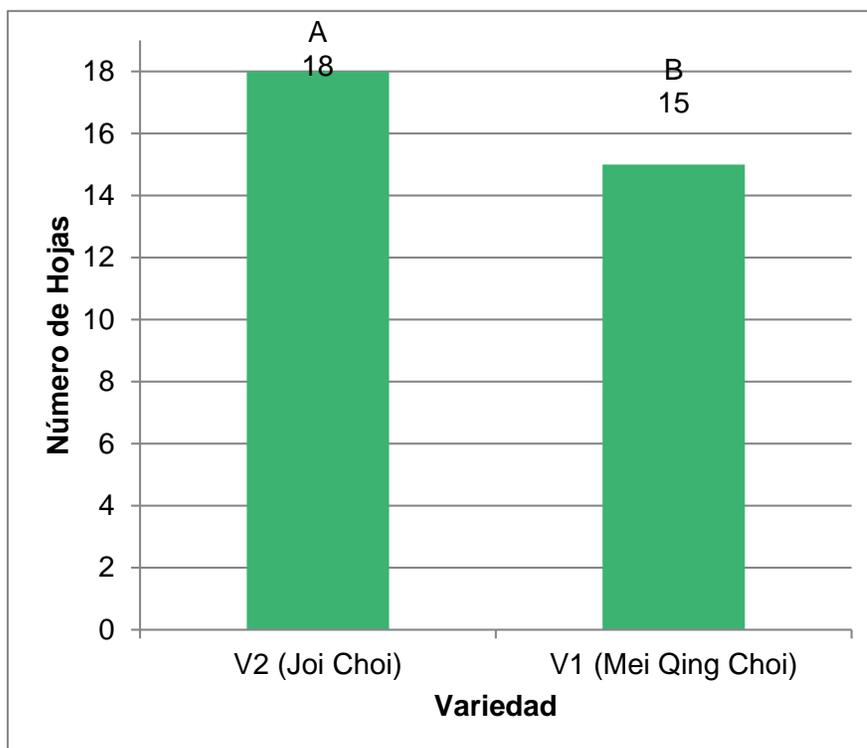


Figura 21. Prueba de medias de Duncan del número de hojas por planta con diferentes variedades

La prueba de comparación múltiple de Duncan para el número de hojas de dos variedades de pak-choi con diferentes dosis de compost muestra que hay dos grupos significativamente diferentes. La aplicación de 5 t/ha de compost a la variedad V2 (Joi Choi) resultó en el mayor número de hojas promedio (20), seguida por la aplicación de 10 t/ha a la misma variedad (18) y la aplicación de 10 t/ha a la variedad V1 (Mei Qing Choi) (17). Por otro lado, la aplicación de 0 t/ha a la variedad V2 (Joi Choi) resultó en un número de hojas promedio

significativamente menor (15), seguida por la aplicación de 0 t/ha a la variedad V1 (Mei Qing Choi) (14) y la aplicación de 5 t/ha a la misma variedad (13), de acuerdo con la Figura 22.

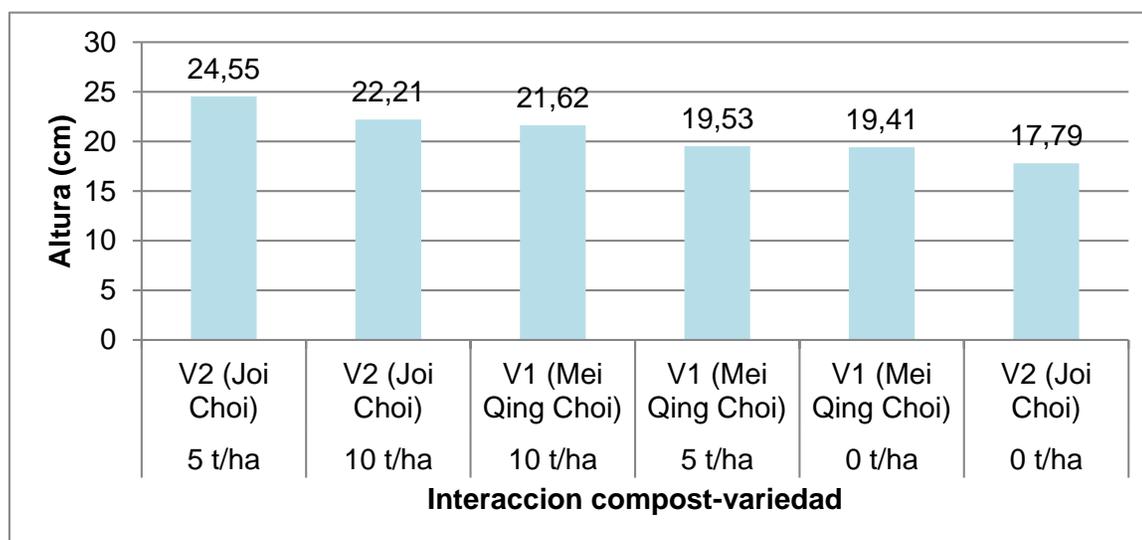


Figura 22. Promedios del número de hojas por planta con con la aplicación de Niveles de compost a dos Variedades de pak-choi

Krismawati y Sugiono (2021) mencionan que el número de hojas está relacionado con el proceso fotosintético; el rendimiento del cultivo se determina por las actividades en las células y tejidos de la planta. La hoja es el órgano importante en la planta donde tiene lugar el proceso fotosintético. Un mayor número de hojas aumentará la capacidad de interceptar la luz, lo que hará que las actividades fotosintéticas sean óptimas y produzcan un mayor asimilado. Por lo tanto, la translocación del asimilado a los órganos de la planta será mayor y, finalmente, afectará al peso fresco resultante. Los resultados obtenidos en el estudio indican que las dosis más altas de compost, derivado de residuos domésticos, están asociadas con un mayor número de hojas en el cultivo de pak choi.

Éstos hallazgos coinciden con la literatura existente que destaca la importancia del número de hojas como un indicador de salud y rendimiento en este cultivo. De acuerdo con Krismawati y Sugiono (2021), un aumento en la dosis de compost puede influir positivamente en el incremento del número de hojas, una relación que se refleja en los resultados. Por lo tanto, se respaldan la idea de que la aplicación de compost puede promover un desarrollo foliar más robusto en el cultivo de pak choi, lo que potencialmente conduce a un mayor rendimiento y calidad de la cosecha.

4.5. Peso

El análisis de varianza para la variable peso en el cultivo de pak-choi con diferentes niveles de compost y dos variedades como se puede ver en el Cuadro 11, muestra que el efecto del compost no es significativo ($p = 0.0649$), aunque está cerca del umbral de significancia (0.05). Sin embargo, el efecto de la variedad es significativo ($p = 0.0242$), lo que indica que hay diferencias significativas en el peso de las plantas entre las dos variedades. Además, la interacción entre compost y variedad es significativa ($p = 0.0310$), lo que sugiere que el efecto del compost en el peso de las plantas depende de la variedad.

Cuadro 11. Análisis de la varianza del peso de la planta con de niveles de aplicación de compost a variedades de pak-choi.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Bloque	5081,76	2	2540,88	1,16	0,4016
Compost	25732,67	2	12866,34	5,85	0,0649
Ea	8792,60	4	2198,15		
Variedad	5589,77	1	5589,77	8,97	0,0242*
Compost*Variedad	8165,60	2	4082,80	6,55	0,0310*
Error	3738,39	6	623,06		
Total	57100,79	17			

* $p < 0,05$

De acuerdo con el Cuadro 12, los promedios de peso evidencian que con la aplicación de 5 t/ha de compost resultó ser en el mayor peso promedio de las plantas (233.8 gramos), seguida por la dosis de 10 t/ha (195.6 gramos). En contraste, las plantas cultivadas sin compost (0 t/ha) mostraron el menor peso promedio (141.7 gramos). Estos resultados sugieren que la aplicación de compost puede contribuir significativamente al aumento del peso de las plantas de pak-choi.

Cuadro 12. Promedios del peso con Niveles de compost

Compost	Peso (g)
5 t/ha	233,8
10 t/ha	195,6
0 t/ha	141,7

La prueba de comparación múltiple de Duncan para el peso de dos variedades de pak-choi muestra que hay dos grupos significativamente diferentes. La variedad V2 (Joi Choi) registró el mayor peso promedio (208.00 g), mientras que la variedad V1 (Mei Qing Choi) tuvo un peso promedio significativamente menor (172.76 g), tal como se muestra en la Figura 23.

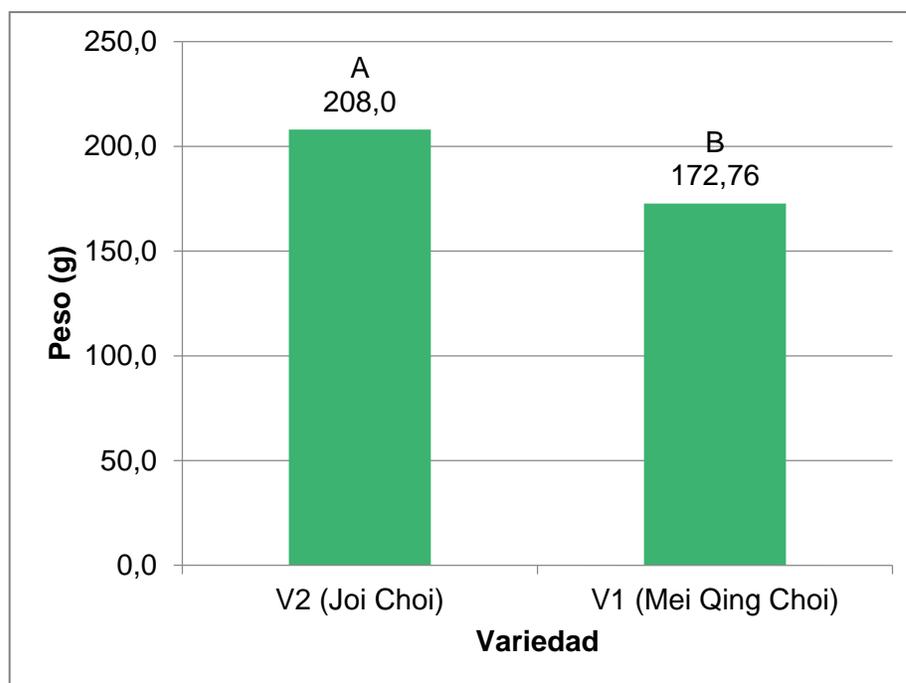


Figura 23. Prueba de medias de Duncan del peso por planta con diferentes variedades

La prueba de comparación múltiple de Duncan, tal como se revela en el Cuadro 13; tres grupos significativamente diferentes en cuanto al peso promedio de las plantas de pak-choi en función de la interacción entre la cantidad de compost aplicado y la variedad. El grupo con el mayor peso promedio corresponde a la aplicación de 5 t/ha de compost a la variedad V2 (Joi Choi), con un promedio de 277.33 g. Le sigue el grupo conformado de la aplicación de 10 t/ha de compost a la V2 (Joi Choi) y V1 (Mei Qing Choi) con un peso promedio de 213.67g y 177.60g respectivamente y la aplicación de 5 t/ha de compost a la variedad V1 (Mei Qing Choi), que registró un peso promedio de 190.33 g, el tercer grupo está conformado por la aplicación de 0 t/ha a la V1 (Mei Qing Choi) y a la V2 (Joi Choi) con un promedio de 150.33 y 133.00 g respectivamente.

Cuadro 13. Prueba de medias de Duncan del peso por planta de dos Variedades de pak-choi con la aplicación de diferentes Niveles de compost

COMPOST	VARIEDAD	PESO (g)	Duncan ($\alpha = 5\%$)
5 t/ha	V2 (Joi Choi)	277,33	A
10 t/ha	V2 (Joi Choi)	213,67	B
5 t/ha	V1 (Mei Qing Choi)	190,33	B
10 t/ha	V1 (Mei Qing Choi)	177,60	B
0 t/ha	V1 (Mei Qing Choi)	150,33	C
0 t/ha	V2 (Joi Choi)	133,00	C

Los resultados sobre el peso revelan que tanto la variedad como la cantidad de compost son factores determinantes en esta variable. La variedad Joi Choi exhibe el mayor promedio cuando se combina con la aplicación de 5 t/ha de compost. Por otro lado, los tratamientos que no recibieron compost mostraron los promedios más bajos, lo que sugiere la influencia positiva del compost en el peso de las plantas.

El efecto de la aplicación del compost proveniente de residuos domésticos en el peso fresco del pak-choi se debe al contenido de dicho compost, que incluye tanto macronutrientes como micronutrientes. Según Krismawati y Sugiono (2021), "Los macronutrientes, como C, H, O, N, S, P, K, Ca y Mg, funcionan como los principales componentes de las estructuras de las plantas." Ellos explican que "el aumento de la estructura de la planta incrementará su biomasa, de manera que el peso del cultivo también aumentará." Además, destacan que "los macronutrientes desempeñan roles importantes, como el nitrógeno, en el mantenimiento del crecimiento vegetativo."

El peso es un factor importante en el cultivo de pak-choi, dado que los peciolo y las hojas constituyen la parte comercial y comestible del mismo. La presencia de materia orgánica en el suelo ejerce efectos significativos en la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las plantas. Esta materia orgánica actúa como una fuente de nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), los cuales son liberados a través de la mineralización por microorganismos presentes en el suelo. Estas interacciones contribuyen al crecimiento saludable de las plantas y al desarrollo de biomasa.

En este sentido, es esencial seleccionar un material genético y un sustrato que favorezcan el crecimiento rápido del follaje, así como asegurar las mejores condiciones agroecológicas para optimizar la producción. Estos hallazgos coinciden con los resultados obtenidos por Dixon (2013) en su tesis, respaldando la importancia de la materia orgánica y la biomasa foliar en el rendimiento del cultivo. Además, destaca la relevancia de estos factores en la producción agrícola sostenible, ampliando aún más la comprensión sobre la importancia de la materia orgánica en el crecimiento de las plantas.

4.6. Diámetro de la pella

El análisis de varianza para la variable diámetro de la pella en el cultivo de pak-choi con diferentes niveles de compost y dos variedades como se puede ver en el Cuadro 14; muestra que tanto el compost ($p= 0.0183$) como la variedad ($p= 0.0341$) tienen efectos significativos en el diámetro de la pella. Además, la interacción entre compost y variedad también es significativa ($p = 0.0281$), lo que sugiere que el efecto del compost en el diámetro de la pella depende de la variedad. El coeficiente de variación (CV) para esta variable es de 11.64%, lo que indica que la variabilidad en el diámetro de la pella es relativamente baja y que los datos son confiables.

Cuadro 14. Análisis de la varianza del diámetro de la pella con de niveles de aplicación de compost a dos variedades de pak-choi.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Bloque	0,15	2	0,08	0,24	0,7983
Compost	8,16	2	4,08	12,79	0,0183*
Ea	1,28	4	0,32		
Variedad	4,46	1	4,46	7,46	0,0341*
Compost*variedad	8,21	2	4,10	6,87	0,0281*
Error	3,59	6	0,60		
Total	25,84	17			

* $p < 0,05$

El Cuadro 15, nos muestra la prueba de comparación múltiple de Duncan para el diámetro de pella de pak-choi con diferentes dosis de compost muestra que hay dos grupos significativamente diferentes. La aplicación de 5 t/ha de compost resultó en el mayor diámetro promedio (7.26 cm), seguida por la aplicación de 10 t/ha (6.96 cm) y la aplicación de 0 t/ha (5.70 cm). Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), lo que sugiere que no hay diferencias significativas entre las dosis de 5 t/ha y 10 t/ha, pero sí entre estas y la dosis de 0 t/ha.

Cuadro 15. Prueba de medias de Duncan del diámetro de la pella con diferentes Niveles de compost

Compost	Diámetro de pella (cm)	Duncan ($\alpha = 5\%$)
5 t/ha	7,26	A
10 t/ha	6,96	A
0 t/ha	5,7	B

Según la prueba de medias de Duncan para el diámetro de la pella en centímetros, se observa que hay dos grupos significativamente diferentes. La variedad V2 (Joi Choi) tiene un diámetro promedio de 7.14 cm. Por otro lado, la variedad V1 (Mei Qing Choi) tiene un diámetro promedio de 6.14 cm. Las medias con diferentes letras son significativamente diferentes entre sí, lo que indica que hay diferencias significativas en el diámetro de la pella entre estas dos variedades, tal como se observa en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Prueba de medias de Duncan del diámetro de la pella de dos variedades de pak choi

Variedad	Diámetro de pella (cm)	Duncan ($\alpha = 5\%$)
V2 (Joi Choi)	7,14	A
V1 (Mei Qing Choi)	6,14	B

El Cuadro 17, muestra los resultados de la prueba de comparación múltiple de Duncan para el diámetro de pella de dos variedades de pak-choi con diferentes dosis de compost y nos indican que hay dos grupos significativamente diferentes. La aplicación de 5 t/ha de compost a la variedad V2 (Joi Choi) resultó en el mayor diámetro promedio (8.67 cm), seguida por la aplicación de 10 t/ha a la misma variedad (7.25 cm) y la aplicación de 10 t/ha a la variedad V1 (Mei Qing Choi) (6.67 cm). La aplicación de 0 t/ha a la variedad V1 (Mei Qing Choi) resultó en un diámetro promedio significativamente menor (5.91 cm), seguida por la aplicación de 5 t/ha a la misma variedad (5.85 cm) y la aplicación de 0 t/ha a la variedad V2 (Joi Choi) (5.50 cm).

Cuadro 17. Promedios del diámetro de la pella de dos Variedades de pak-choi con la aplicación de diferentes niveles de compost

COMPOST	VARIEDAD	DIAMETRO DE PELLA (cm)	Duncan ($\alpha = 5\%$)
5 t/ha	V2 (Joi Choi)	8,67	A
10 t/ha	V2 (Joi Choi)	7,25	B
10 t/ha	V1 (Mei Qing Choi)	6,67	B
0 t/ha	V1 (Mei Qing Choi)	5,91	B
5 t/ha	V1 (Mei Qing Choi)	5,85	B
0 t/ha	V2 (Joi Choi)	5,5	B

El diámetro de la pella es un indicador de la calidad y el valor comercial de la planta de pak-choi. Los resultados muestran que la variedad V2 (Joi Choi) tiende a tener un diámetro de pella significativamente mayor en comparación con la variedad V1 (Mei Qing Choi). Este hallazgo sugiere que la elección de la variedad adecuada puede influir en el tamaño y la forma de la pella.

Los resultados en el diámetro de la pella de pak-choi se explican por la influencia del compost en el suministro de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. El compost, al ser rico en nutrientes, desempeña un papel significativo en el desarrollo de las estructuras vegetales Lampkin (1998). Las plantas cultivadas con compost tienden a tener un diámetro de pella mayor en comparación con aquellas que no lo reciben, lo que sugiere que el suministro adicional de nutrientes del compost promueve un crecimiento más vigoroso.

Además, la variabilidad en el diámetro de la pella puede atribuirse a la influencia de la variedad de pak-choi. Diferentes variedades pueden exhibir características de crecimiento distintas. La combinación de la aplicación de compost y la elección de la variedad adecuada puede maximizar el tamaño y la calidad de pak-choi, subrayando la importancia de considerar tanto el compost como la variedad en las estrategias de cultivo para optimizar el rendimiento del cultivo.

4.7. Área foliar

El análisis de varianza para la variable área foliar en el cultivo de pak-choi con diferentes niveles de compost y dos variedades muestra que tanto el compost ($p = 0.0020$) como la variedad ($p = 0.0290$) tienen efectos significativos en el área foliar. Sin embargo, la interacción entre compost y variedad no es significativa ($p = 0.1049$), lo que sugiere que el efecto del compost en el área foliar no depende de la variedad; de acuerdo con los resultados del Cuadro 18.

Cuadro 18. Análisis de la varianza del área foliar de dos variedades de pak-choi con la aplicación de diferentes niveles de compost

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Bloque	7439,86	2	3719,93	0,58	0,5991
Compost	540465,45	2	270232,73	42,42	0,0020**
Ea	25482,44	4	6370,61		
Variedad	187831,79	1	187831,79	8,16	0,0290*
Compost*Variedad	154784,30	2	77392,15	3,36	0,1049
Error	138191,64	6	23031,94		
Total	1054195,49	17			

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

La prueba de comparación múltiple de Duncan para el área foliar de pak-choi con diferentes dosis de compost muestra que hay dos grupos significativamente diferentes tal y como se representa en el Cuadro 19. La aplicación de 5 t/ha de compost resultó en la mayor área foliar promedio (1224.30 cm²), seguida por la aplicación de 10 t/ha (1124.78 cm²) y la aplicación de 0 t/ha (817.20 cm²). Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), lo que sugiere que no hay diferencias significativas entre las dosis de 5 t/ha y 10 t/ha, pero sí entre estas y la dosis de 0 t/ha.

Cuadro 19. Prueba de medias de Duncan del área foliar con diferentes niveles de compost

Compost	Área foliar cm ²	Duncan ($\alpha = 5\%$)
5 t/ha	1224,3	A
10 t/ha	1124,78	A
0 t/ha	817,2	B

La prueba de comparación múltiple de Duncan para el área foliar de dos variedades de pak-choi; en el Cuadro 20 muestra que hay dos grupos significativamente diferentes. La variedad V2 (Joi Choi) registró la mayor área foliar promedio (1157.58 cm²), mientras que la variedad V1 (Mei Qing Choi) tuvo un área foliar promedio significativamente menor (953.27 cm²).

Cuadro 20. Prueba de medias de Duncan del área foliar de dos variedades de pak-choi.

Variedad	Área foliar (cm ²)	Duncan ($\alpha = 5\%$)
V2 (Joi Choi)	1157,58	A
V1 (Mei Qing Choi)	953,27	B

La prueba de comparación múltiple de Duncan para el área foliar de pak-choi; en el Cuadro 21 revela la presencia de dos grupos significativamente diferentes. La aplicación de 5 t/ha de compost a la variedad V2 (Joi Choi) registró la mayor área foliar promedio, con 1439.78 cm². Seguida de cerca por la aplicación de 10 t/ha de compost a la misma variedad, con un promedio de 1227.41 cm². Por otro lado, el grupo con los menores valores de área foliar corresponde a las aplicaciones de compost a la variedad V1 (Mei Qing Choi), con 1022.16 cm² para 10 t/ha y 1008.81 cm² para 5 t/ha, aplicaciones de 0 t/ha de compost, tanto para la variedad V1 (Mei Qing Choi) como para la V2 (Joi Choi), con promedios de 828.86 y 805.55 cm² respectivamente.

Cuadro 21. Prueba de medias de Duncan del área foliar de dos Variedades de pak-choi con la aplicación de diferentes niveles de compost

COMPOST	VARIEDAD	Medias	Duncan ($\alpha = 5\%$)
5 t/ha	V2 (Joi Choi)	1439,78	A
10 t/ha	V2 (Joi Choi)	1227,41	A
10 t/ha	V1 (Mei Qing Choi)	1022,16	B
5 t/ha	V1 (Mei Qing Choi)	1008,81	B
0 t/ha	V1 (Mei Qing Choi)	828,86	B
0 t/ha	V2 (Joi Choi)	805,55	B

Queda claro que la aplicación de compost tiene un impacto significativo en el área foliar de las plantas de pak-choi. Los tratamientos que contenían de compost resultaron en áreas foliares con promedios más grandes, mientras que la ausencia de compost se asoció con áreas foliares más pequeñas. Esto sugiere que el compost puede ser un factor importante para promover un crecimiento foliar más robusto en el cultivo de pak-choi, lo que podría influir positivamente en el rendimiento y la calidad de la cosecha.

Los abonos orgánicos, en particular el compost utilizado en el estudio, son una fuente en nitrógeno, un elemento esencial para el crecimiento de los tejidos vegetales. Krismawati y Sugiono (2021), menciona que “El nitrógeno desempeña un papel fundamental en la síntesis de la clorofila y en el proceso de fotosíntesis”. Además, dice que “la falta de nitrógeno puede resultar en un crecimiento atrofiado, una menor producción y un menor número de hojas”. Por lo tanto, el aumento del área foliar se debe a la acción orgánica: el cual proporciona el nitrógeno necesario para plantas para su crecimiento.

4.8. Rendimiento

El Cuadro 22 proporciona los resultados del análisis de varianza, el cual revela que tanto el compost como la variedad de pak-choi influyen significativamente en el rendimiento del cultivo, con valores de p de 0.0500 y 0.0039. Además, se observa una interacción significativa entre el compost y la variedad ($p = 0.0229$), indicando que el efecto del compost puede variar según la variedad de pak-choi utilizada. Aunque el efecto del bloque no es significativo ($p = 0.4032$), estos resultados resaltan la importancia de considerar tanto el compost como la variedad para optimizar el rendimiento del cultivo de pak-choi.

Cuadro 22. Análisis de la varianza del rendimiento con de niveles de aplicación de compost a variedades de pak-choi.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Bloque	0.73	2	0.36	1.15	0.4032
Compost	4.38	2	2.19	6.95	0.0500*
Ea	1.26	4	0.32		
Variedad	2.00	1	2.00	20.73	0.0039**
Compost*Variedad	1.46	2	0.73	7.56	0.0229*
Error	0.58	6	0.10		
Total	10.41	17			

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

De acuerdo con los datos presentados en el Cuadro 23; hay dos grupos significativamente diferentes en cuanto al rendimiento del cultivo de pak-choi. El primer grupo comprende las dosis de compost de 5 t/ha y 10 t/ha, con medias de 2.89 kg/m² y 2.61 kg/m² respectivamente, mientras que el segundo grupo corresponde a la ausencia de compost (0 t/ha), con un rendimiento significativamente menor de 1.73 kg/m². Estos resultados sugieren que la cantidad de compost utilizada puede afectar la productividad del cultivo de pak-choi, con rendimientos más altos observados a dosis más bajas de compost.

Cuadro 23. Prueba de medias de Duncan del rendimiento con diferentes Niveles de compost

Compost	Rendimiento (kg/m ²)	Duncan ($\alpha = 5\%$)
5 t/ha	2.89	A
10 t/ha	2.61	A
0 t/ha	1.73	B

La Figura 24 muestra la prueba de comparación múltiple de Duncan; la cual revela dos grupos significativamente diferentes en cuanto al rendimiento del cultivo de pak-choi en función de la variedad. El grupo con el rendimiento promedio más alto corresponde a la variedad V2 (Joi Choi), con una media de 2.74 kg/m² (A), mientras que el segundo grupo lo conforma la variedad V1 (Mei Qing Choi), con un rendimiento promedio significativamente menor de 2.08 kg/m² (B). Esto sugiere que la variedad V2 (Joi Choi) tiende a tener un

rendimiento superior en comparación con la variedad V1 (Mei Qing Choi) en las condiciones de este estudio.

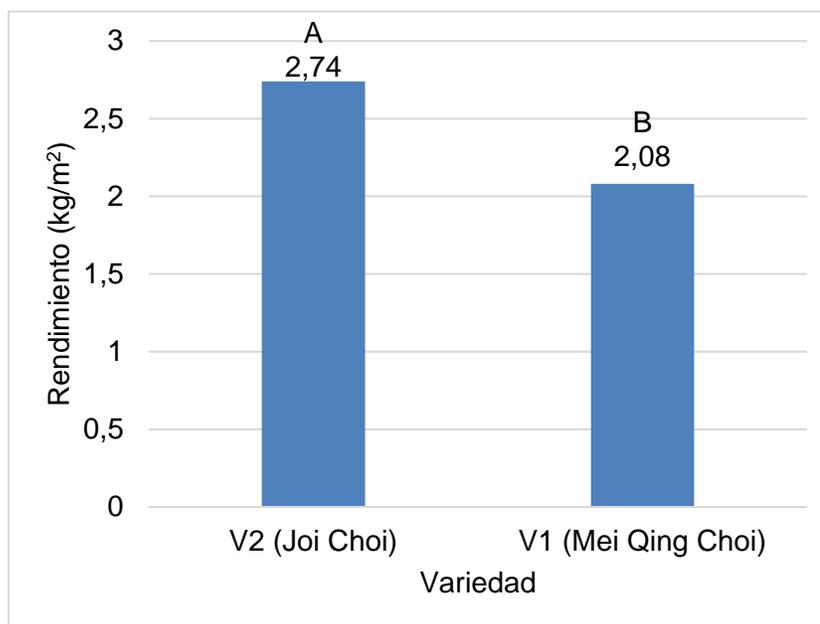


Figura 24. Prueba de medias de Duncan del rendimiento con dos variedades de pak-choi

La prueba de comparación múltiple de Duncan revela tres grupos significativamente diferentes en cuanto al rendimiento del cultivo de pak-choi en función de la cantidad de compost aplicado y la variedad. El grupo con el rendimiento promedio más alto corresponde a la aplicación de 5 t/ha de compost a la variedad V2 (Joi Choi), con una media de 3.6 kg/m². Le sigue el grupo de la aplicación de 10 t/ha de compost a la misma variedad, con un rendimiento promedio de 2.9 kg/m². El tercer grupo lo conforman la aplicación de 10 t/ha de compost a la variedad V1 (Mei Qing Choi) y la aplicación de 5 t/ha de compost a la variedad V1 (Mei Qing Choi), con un rendimiento promedio de 2.4 y 2.2 kg/m² respectivamente y por último, las aplicaciones de 0 t/ha de compost tanto a la variedad V2 (Joi Choi) como a la variedad V1 (Mei Qing Choi) registraron los rendimientos promedio más bajos, con 1.8 kg/m² y 1.7 kg/m² respectivamente. Esto sugiere que la cantidad de compost utilizada, así como la variedad de pak-choi, tienen un impacto significativo en el rendimiento del cultivo; tal como se detalla en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Prueba de medias de Duncan del rendimiento de dos Variedades de pak-choi con la aplicación de diferentes niveles de compost

Compost	Variedad	Rendimiento kg/m ²	Duncan ($\alpha = 5\%$)
5 t/ha	V2 (Joi Choi)	3,6	A
10 t/ha	V2 (Joi Choi)	2,9	B
10 t/ha	V1 (Mei Qing Choi)	2,4	C
5 t/ha	V1 (Mei Qing Choi)	2,2	C
0 t/ha	V2 (Joi Choi)	1,8	C
0 t/ha	V1 (Mei Qing Choi)	1,7	C

En base a los resultados interpretados de varias pruebas de rendimiento de pak-choi, se puede observar que la aplicación de compost en diferentes cantidades y la variedad de la planta influyen significativamente en el rendimiento del cultivo. En general, se observa que los tratamientos que recibieron compost tienden a producir rendimientos más altos, y que la variedad Joi Choi tiende a tener un rendimiento superior en comparación con la variedad Mei Qing Choi. Sin embargo, es importante considerar la interacción entre el compost y la variedad, ya que esto también puede afectar el rendimiento del cultivo.

Los rendimientos del cultivo de pak-choi pueden ser influenciados por una serie de factores interrelacionados, entre los cuales se destacan la luz, el calor, la humedad y los nutrientes. El rendimiento de la planta es el resultado de una compleja combinación de factores genéticos, climáticos y edáficos, los cuales afectan los procesos fisiológicos específicos de cada especie.

Cada nutriente desempeña un papel fundamental en el desarrollo de la planta, y el nitrógeno, en particular, es esencial hasta el final del ciclo de crecimiento, es el nutriente que en general más influye en el rendimiento y calidad del producto a obtener en la actividad agrícola Meyer (2018). Estas afirmaciones respaldan los resultados obtenidos en el estudio y destacan la importancia de una nutrición adecuada para optimizar el rendimiento del cultivo de pak-choi, especialmente considerando el uso de compost como fuente de nutrientes.

4.9. Análisis económico

Para el análisis económico, se aplicó un ajuste del rendimiento del 5%, este ajuste se realizó para mitigar los efectos de cualquier variabilidad inherente en los datos y para obtener una estimación más realista de los rendimientos esperados en condiciones estables. Al aplicar este ajuste, buscamos reducir el riesgo de sobreestimar o subestimar los ingresos futuros, lo que nos permite tomar decisiones más informadas sobre la rentabilidad de cada tratamiento a lo largo del tiempo.

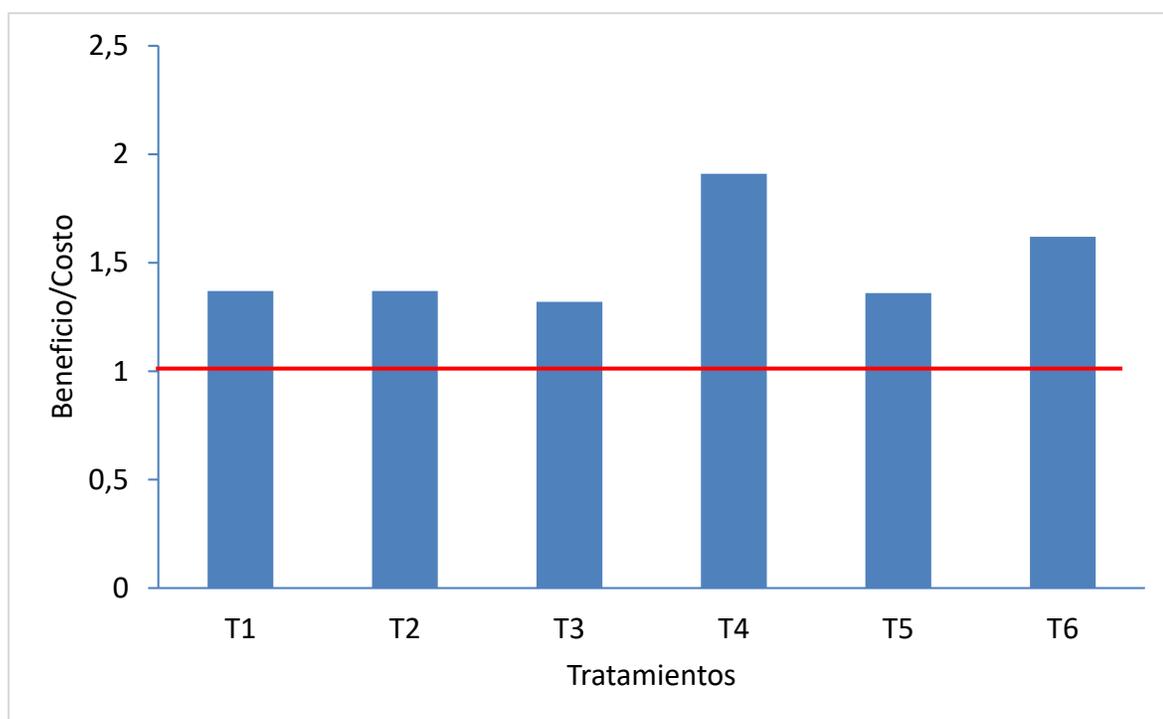
En nuestro caso se aprecia, que todos los tratamientos son rentables como se observa en la Figura 25, donde el tratamiento 4 presenta la mayor relación beneficio/costo 1,91, lo que indica que por cada boliviano invertido se recupera el boliviano invertido y se tiene como ganancia Bs 0,91. Esto sugiere que, a pesar de tener costos iniciales más elevados, estos tratamientos generan mayores ingresos netos después de considerar los costos totales involucrados. Esta mayor rentabilidad puede atribuirse a una combinación de factores, como un rendimiento significativamente superior y una relación favorable entre los precios de venta y los costos de producción.

Por otro lado, los tratamientos T1, T2 y T5 muestran relación beneficio/costo más modestos, lo que indica una rentabilidad más limitada en comparación con los tratamientos mencionados anteriormente; tal como se observa en el Cuadro 25.

El análisis del beneficio/costo neto nos deja ver que el tratamiento T4 es el más rentable, con un B/C Neto de 0.91 Bs, lo que indica que; por cada unidad monetaria invertida (Bs), se obtiene un retorno neto de 0.91 Bs. Esto lo convierte en el tratamiento más eficiente, los demás tratamientos también muestran rentabilidad, con valores de B/C Neto que van desde 0.32 para T3 hasta 0.62 para T6, indicando retornos netos positivos, aunque menores en comparación con T4. T1, T2 y T5 tienen B/C Netos similares, alrededor de 0.36-0.37 Bs, lo que refleja una baja rentabilidad neta pero aún positiva.

Cuadro 25. Ingresos por tratamiento

Trat.	Costos (Bs)	Rendimiento (kg/Trat)	Rendimiento ajustado (kg/trat) (5%)	Precio (Bs/kg)	Beneficio Bruto	Beneficio Neto	B/C Bruto	B/C Neto
T1	111,22	11,42	10,85	14	151,9	40,68	1,37	0,37
T2	115,97	12,0	11,37	14	159,18	43,21	1,37	0,37
T3	147,61	14,7	13,94	14	195,16	47,55	1,32	0,32
T4	169,95	24,4	23,16	14	324,24	154,29	1,91	0,91
T5	156,53	16,0	15,18	14	212,52	55,99	1,36	0,36
T6	158,28	19,2	18,27	14	255,78	97,50	1,62	0,62

**Figura 25. Relación beneficio/costo por tratamiento**

5. CONCLUSIONES

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

- El compost juega un papel crucial en el cultivo de pak-choi, ya que su aplicación se asocia con mejoras significativas en varios aspectos del crecimiento y rendimiento de las plantas. La presencia de compost promovió un mayor desarrollo foliar, un aumento en el peso de las plantas y un rendimiento generalmente mejorado en comparación con las plantas que no recibieron compost. En general, se observa que la dosis de 5 t/ha de compost es la más efectiva en términos de mejora del rendimiento y crecimiento de las plantas de pak-choi. Esta dosis se asoció frecuentemente con los valores más altos de variables como el número de hojas, el peso de las plantas y el área foliar en comparación con las dosis más altas (10 t/ha) o la ausencia de compost (0 t/ha).
- La variedad V2 (Joi Choi) mostró un mejor desempeño en términos de rendimiento, en comparación con la variedad V1 (Mei Qing Choi). Estos hallazgos sugieren que la variedad V2 (Joi Choi) podría ser preferible para la producción de pak-choi. Esto podría deberse a diferencias genéticas entre las variedades, como la eficiencia en la absorción de nutrientes o la tolerancia a ciertos niveles de fertilización. La variedad Joi Choi también presentó resultados favorables en cuanto a características como el número de hojas, el peso de las plantas y el diámetro de la pella.
- Los resultados sugieren que la dosis de compost de 5 t/ha y la variedad V2 (Joi Choi) son las más efectivas en términos de altura, peso, diámetro de pella, número de hojas y área foliar. Esto puede explicarse por la interacción entre la dosis de compost y la variedad de pak-choi, donde la dosis de compost de 5 t/ha proporciona los nutrientes necesarios para el crecimiento óptimo de las plantas, y la variedad V2 (Joi Choi) tiene una mayor capacidad para aprovechar estos nutrientes y convertirlos en crecimiento.
- La variedad V2 (Joi Choi) y la dosis de compost de 5 t/ha parecen tener los mejores resultados. La variedad V2 (Joi Choi) registró una altura promedio de 24.55 cm con 5 t/ha de compost, mientras que la dosis de 5 t/ha de compost resultó en un peso promedio de 277.33 g para la misma variedad. En cuanto al diámetro de pella, la dosis de 5 t/ha de compost también mostró los mejores resultados, con un promedio de 8.67 cm para la variedad V2 (Joi Choi). Además, la variedad V2 (Joi Choi) con 5 t/ha de

compost registró un número de hojas promedio de 20.00 y un área foliar promedio de 1439.78 cm².

- Estos hallazgos subrayan la importancia del uso de compost como una práctica agronómica sostenible en el cultivo de pak-choi. El compost no solo mejoró el rendimiento del cultivo, sino que también contribuyó a la mejora de la calidad del suelo al proporcionar nutrientes esenciales y mejorar la estructura del mismo.
- En cuanto al análisis económico de los diferentes tratamientos aplicados en el cultivo de pak-choi revela que el tratamiento T4 es el más rentable en términos de beneficio, con una relación beneficio/costo de 1.91. Esto sugiere que, a pesar de tener un costo inicial más alto, el tratamiento T4 genera un retorno económico significativamente mayor en comparación con los otros tratamientos; con valores de B/C Neto que van desde 0.32 para T3 hasta 0.62 para T6, indicando retornos netos positivos aunque menores en comparación con T4. Los tratamientos; T1, T2 y T5 tienen B/C Netos similares, alrededor de 0.36-0.37, lo que refleja una baja rentabilidad neta pero aún positiva.
- En resumen, el uso adecuado de compost en el cultivo de pak-choi puede ser una estrategia efectiva para optimizar el rendimiento agronómico de esta hortaliza. Se recomienda a los agricultores y profesionales del sector agrícola considerar la aplicación de niveles adecuados de compost para obtener mejores resultados en la producción de pak-choi y aumentar sus ingresos económicos, beneficiando tanto al productor como al medio ambiente.

6. RECOMENDACIONES

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

- Se recomienda utilizar una dosis de compost de 5 t/ha para optimizar el rendimiento del cultivo de pak-choi, éste nivel de compost ha demostrado resultados favorables en términos de crecimiento y producción. La aplicación de una cantidad adecuada de compost en el suelo proporciona los nutrientes necesarios y mejora la estructura del suelo, lo que contribuye al desarrollo saludable y al máximo rendimiento del pak-choi.
- Se recomienda utilizar la variedad Joi Choi para el cultivo de pak-choi, ésta variedad mostró un mejor desempeño en términos de rendimiento en comparación con la variedad Mei Qing Choi en los parámetros evaluados. La variedad Joi Choi demostró ser más adaptable y mostró una mayor capacidad de respuesta a las condiciones de cultivo, lo que se tradujo en un mayor rendimiento. Por lo tanto, se sugiere seleccionar la variedad Joi Choi para maximizar la producción y obtener resultados óptimos en el cultivo de pak-choi.
- En base a los resultados obtenidos, el mejor tratamiento recomendado corresponde a utilizar la variedad Joi Choi junto con una dosis de compost de 5 t/ha. Este tratamiento ha demostrado ser rentable, con un beneficio neto de Bs 0.91 por cada boliviano invertido. La variedad Joi Choi tiende a producir resultados superiores en términos de rendimiento, mientras que la aplicación de 5 t/ha de compost ha mostrado ser efectiva para optimizar la productividad sin incurrir en costos excesivos. Esta combinación puede ayudar a los agricultores a obtener un rendimiento agronómico óptimo con un buen retorno económico.
- Fomentar el uso de compost en la producción de pak-choi: Los resultados de esta investigación han demostrado los beneficios significativos del uso de compost en el rendimiento agronómico del pak-choi.
- Investigar otras variedades de pak-choi: Si bien este estudio se centró en dos variedades de pak-choi (Mei Qing Choi y Joi Choi), se recomienda ampliar la investigación para evaluar el efecto del compost en otras variedades de pak-choi. Esto

permitirá obtener información adicional sobre la respuesta de diferentes genotipos a la aplicación de compost.

- Continuar investigando técnicas de manejo del compost: Se recomienda seguir investigando y desarrollando técnicas de manejo del compost, como la optimización de la dosis y la calidad del compost, para maximizar sus beneficios en el cultivo de pak-choi. Esto permitirá establecer pautas más precisas para su aplicación.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bailon, A. 2008. Sistema de siembra en el rendimiento de col china (*Brassica chinensis* L.) variedad 'Wong Bock' en Tingo Maria. Tesis Ing. Agr. . Tingo María- Perú Universidad Nacional Agraria de La Selva. 77 p. Disponible en <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/75/AGR-519.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Catalunya, A. d. R. d. s.f. Beneficios ambientales de la utilización del compost. Catalunya Agència de Residus de Catalunya. Consultado 2 mayo 2023. Disponible en https://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/valoritzacio_reciclatge/el_compost/beneficis_us_compost/
- Dixon, H. 2013. Evaluación de tres materiales genéticos de pak choi *Brassica chinensis* (Brassicaceae), bajo dos abonos orgánicos, en dos localidades del departamento de Sololá. Tesis Ing. Agr. . Quetzaltenango. Universidad Rafael Landívar. 67 p. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/14/Dixon-Herber.pdf>
- EcuRed. 2013. Pak Choi. Consultado 3 junio 2023 Disponible en https://www.ecured.cu/index.php?title=Pak_Choi&oldid=2062627
- Ferruzzi, C. 1986. Manual de lombricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Disponible en <https://books.google.com.bo/books?id=Bxa3OwAACAAJ>
- GAML. 2005. Plan de desarrollo municipal Laja La Paz SERVICIOS MULTIPLES DE TECNOLOGÍAS APROPIADAS. 255 p. Disponible en <https://docplayer.es/98550024-Tabla-de-contenido-a-aspectos-espaciales-1.html>
- Garbi, M. 2016. Manual de Producción de Hortalizas Asiáticas. Lujan EdUNLu 81 p. Disponible en <https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/rediunlu/1350/Manual%20Hortalizas%20Asiáticas%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garro, J. 2016. El suelo y los abonos orgánicos. Costa Rica INTA 106 p. Disponible en <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>
- Gil, L. 2019. Compost ¿qué es y cómo se obtiene? Place Published. Disponible en [https://www.embutidosluisgil.com/blog/2018/07/compost-se-obtiene/#:~:text=El%20compost%20es%20un%20abono,%2C%20lombrices%2C%20etc.\).](https://www.embutidosluisgil.com/blog/2018/07/compost-se-obtiene/#:~:text=El%20compost%20es%20un%20abono,%2C%20lombrices%2C%20etc.).)
- Glenn P. , A. C. 2000. ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO DE LAS DECISIONES DE INVERSIÓN. Massachussets, USA, Institución Internacional de Economía y Empresa. 109 p.
- Krismawati, A. y Sugiono, S. 2021. The Effect Of Compost From Household Waste And Liquid Organic Fertilizer On Growth And Yield Of Pak Choi (*Brassica rapa* var. *Chinensis*). 2021. Place Published, (2): 10 %J El-Hayah:Jurnal Biologi. Disponible en <https://ejournal.uin-malang.ac.id/index.php/bio/article/view/12315/10.18860/elha.v8i2.12315>

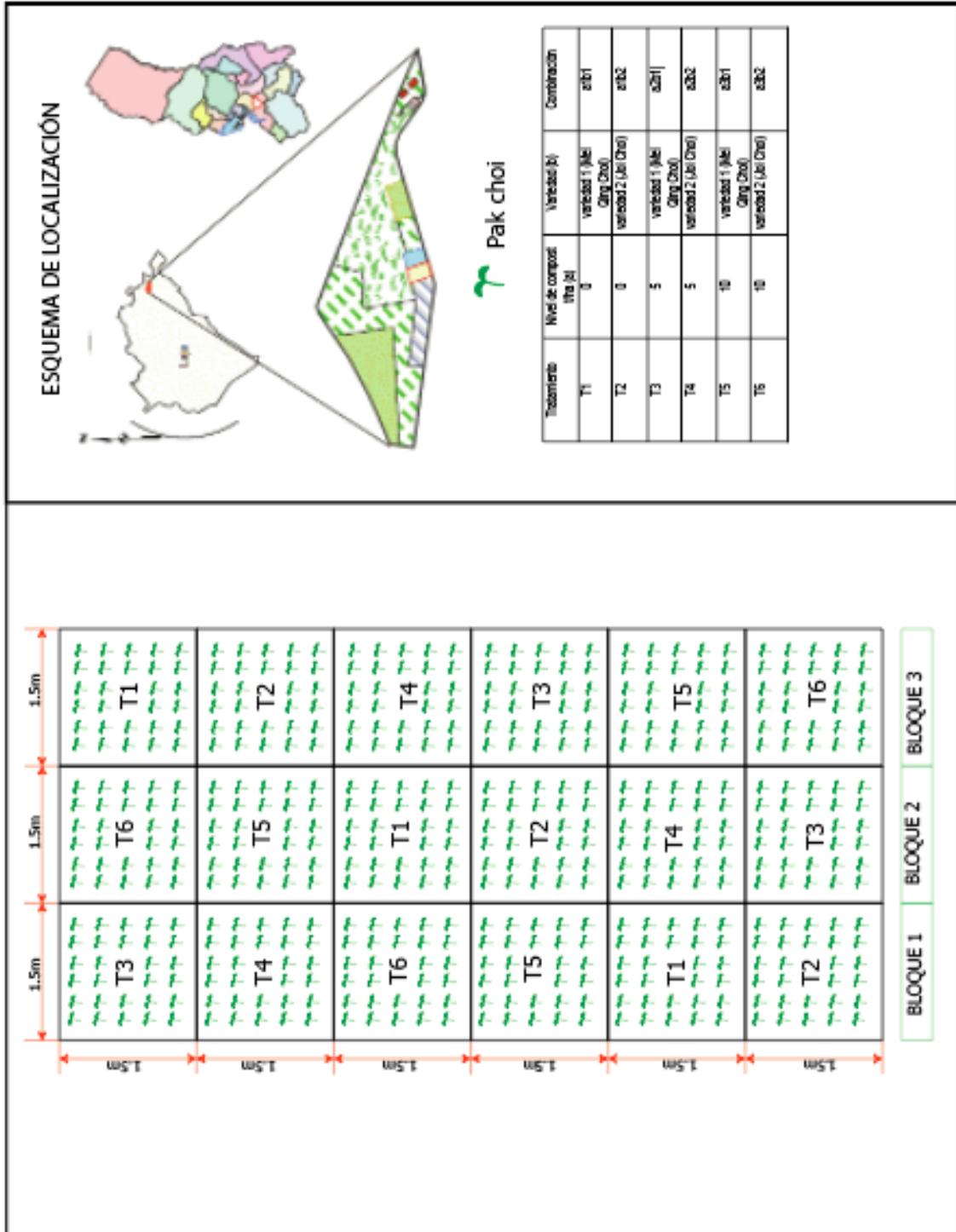
- Kumari, S. B., Vijay & Topno, Samir. 2023. Effect of NPK and Organic Manures on Growth, Yield and Quality of Pak Choi (*Brassica rapa* sp. *chinensis*) cv. Pusa Pak Choi-1. International Journal of Plant & Soil Science. Place Published, 180-184. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/371823962_Effect_of_NPK_and_Organic_Manures_on_Growth_Yield_and_Quality_of_Pak_Choi_Brassica_rapa_sp_chinensis_cv_Pusa_Pak_Choi-1
- Lampkin, N. 1998. AGRICULTURA ECOLÓGICA. Mundi-Prensa Libros, S.A. Disponible en https://books.google.com.bo/books?id=u110mrca_LsC
- Machaca, F. 2007. Efecto de niveles de estiércol de ovino en el rendimiento de variedades de apio (*Apium graveolens* L.), bajo ambiente protegido en el municipio de El Alto. Tesis Ing. Agr. . La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 106 p. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5116/T-1157.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Manzur, J. y Elgueta, S. 2020. Diversificación de hortalizas asiáticas de hoja en Chile. Chile-Santiago INIA. Consultado 2 junio 2023 Disponible en <https://www.redagricola.com/cl/diversificacion-hortalizas-asiaticas-hoja-chile/>
- Martinez, C. 2021. Soluciones nutritivas en la producción de Pak choi (*Brassica rapa subespecie chinensis* L.) y Kale (*Brassica oleracea var. acephala*) cultivadas en sustrato bajo invernadero Montecillo, texcoco, estado de Mexico Colegio de postgraduados Disponible en http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/4944/Martinez_C_astillo_J_MC_Edafologia_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mayta, A. 2012. Evaluación agromorfológica y componentes de rendimiento de doce accesiones de cañahua en condiciones de Kallutaca. Tesis Ing.Agr. . El Alto – Bolivia. Universidad Pública de el Alto. 68 p.
- Meyer, J. H., P; Piccinetti, C. . 2018. IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN ZONAS ÁRIDAS. Argentina Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola.
- Pyngrupe, B.;Singh, Y. K.;Prasad, V. J. I. J. o. P.;amp y Science, S. 2023. Varietal Evaluation of Pak Choi (*Brassica rapa* subsp. *Chinensis*) under Agro-climatic Conditions of Prayagraj, India. Place Published. Disponible en [https://www.semanticscholar.org/paper/Varietal-Evaluation-of-Pak-Choi-\(Brassica-rapa-of-Pyngrupe-Singh/b9827dc2773dfae78c1f2c73906cba5a13c41310](https://www.semanticscholar.org/paper/Varietal-Evaluation-of-Pak-Choi-(Brassica-rapa-of-Pyngrupe-Singh/b9827dc2773dfae78c1f2c73906cba5a13c41310)
- Quispe, N. 2015. Evaluación agronómica de diferentes leguminosas bajo diferentes niveles de fertilización orgánica (compost de coca) en época de invierno en invernadero en la estación experimental de Kallutaca. Tesis Ing. Agr. . El Alto- Bolivia Universidad Pública de El Alto. 102 p.
- Rafael, M. 2015. Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga – Huancayo. Tesis Ing. Forestal y Ambiental Huancayo - Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú. 109 p. Disponible en

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3511/Rafael%20Avila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rahmawati, R. 2020. Growth and Production of Pakchoy Under Various Type of Organic Fertilizer. *In* 2020. p.
- Salazar, M. 2014. Pak Choi, la verdura oriental de moda entre los foodies. Place Published. Consultado 2 junio 2023 Disponible en [https://www.gastronosfera.com/es/tendencias/pak-choi-la-verdura-oriental-de-moda-entre-los-foodies#:~:text=El%20Pak%20Choi%20es%20una,niacina%20\(B3\)%20y%20fósforo.](https://www.gastronosfera.com/es/tendencias/pak-choi-la-verdura-oriental-de-moda-entre-los-foodies#:~:text=El%20Pak%20Choi%20es%20una,niacina%20(B3)%20y%20fósforo.)
- Shamirian, L. 2022. Pak Choi: qué es, historia, propiedades y usos en cocina. Bon Viveur Consultado 2 junio 2023 Disponible en <https://www.bonviveur.es/gastroteca/pak-choi>
- Silva, V. 2017. El cultivo de las hortalizas. La Paz-Asunta UNODC. 28 p. (Manual para el Productor). Disponible en https://www.unodc.org/documents/bolivia/DIM_Manual_de_cultivo_de_hortalizas.pdf
- UPOV. 2011. ¿Qué es una variedad vegetal? UPOV Consultado 3 Junio 2023 Disponible en <https://www.upov.int/overview/es/variety.html>
- Vitores, A. 2022. 7 ventajas del compost para tus cultivos. Sebralia. Consultado 3 Junio 2023. Disponible en <https://sebralia.com/blogs/blog/7-beneficios-compost>

8. ANEXOS

Anexo 1. Croquis de la investigación



Anexo 2. Cultivo de pak-choi



Anexo 3. Cosecha y limpieza



Anexo 4. Selección y embolsado



Anexo 5. Análisis químico del suelo



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)

LAFASA



Laboratorio de la
Facultad de Agronomía
en Suelos y Aguas

RES: FAC.AGRO.LAB. N°162

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS**INTERESADO:****ANALISTA DE LAB.:****SOLICITUD:****FECHA DE ENTREGA:****RESPONSABLE DE MUESTREO:****PROCEDENCIA:****MOISES BRAYNER PALMA**

Ing. Elizabeth Yujra Ticona

LAF 162_23

26/09/2023

MOISES BRAYNER PALMA

Departamento La Paz

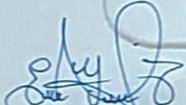
Municipio LAJA-KALLUTACA

Provincia Los Andes

Coordenadas X: -16,5167; Y-683167

PARAMETRO		UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
TEXTURA	Arcna	%	21	Bouyoucos
	Limo	%	45	
	Arcilla	%	34	
	Clase Textural		Francó arcilloso	
Densidad Aparente		g/cm ³	1.053	Probeta
Porosidad		%	55	(Probeta; Picnómetro)
pH en H₂O relación 1:25		-	8.22	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:25		mmhos/cm	4.35	Potenciometría
Potasio intercambiable		meq/100g S.	2.774	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Nitrógeno total		%	0.48	Kjendahl
Materia orgánica		%	7.70	Walkley y Black
Fósforo disponible		ppm	88.40	Espectrofotometría UV- Visible

- * El informe de laboratorio es válido si se prestan las firmas y sellos correspondientes
- * En caso de que el laboratorio no efectuó el muestreo, no es responsable para la representatividad, ni la preservación de la muestra
- * Está prohibido la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización escrita del laboratorio


 Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 ANALISTA FÍSICOQUÍMICO
 DE SUELOS AGUAS Y VEGETALES
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS




 Ing. Roberto Aranda C. Ph.D.
 RESPONSABLE
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850,
 Telf. IIAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • E-mail: lafasa.suelos@gmail.com
 Página web: agro.umsa.bo • La Paz - Bolivia

Anexo 6. Análisis químico del agua



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



RES: FAC.AGRO.LAB. 0145

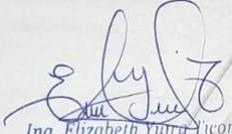
ANÁLISIS QUÍMICO MUESTRA DE AGUA

INTERESADO:
RESPONSABLE DE ANALISIS:
SOLICITUD:
FECHA DE ENTREGA:
RESPONSABLE DE MUESTREO:
PROCEDENCIA:

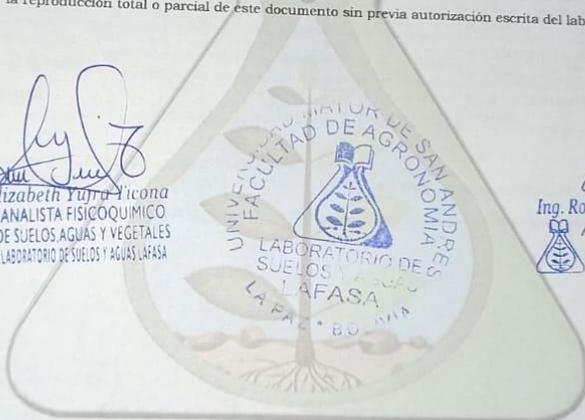
MOISES BRAYNER PALMA
 Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 LAP MO-06
 02/10/2023
 MOISES BRAYNER PALMA
 Departamento La Paz
 Municipio Leja
 Provincia Los Andes
 Comunidad Kallutaca

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
pH en H ₂ O relación 1:5	-	7.38	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:5	mmhos/cm	0.02	Potenciometría

* El informe de laboratorio es válido si se prestan las firmas y sellos correspondientes
 * En caso de que el laboratorio no efectuó el muestreo, no es responsable para la representatividad, ni la preservación de la muestra
 * Está prohibido la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización escrita del laboratorio



Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 ANALISTA FÍSICOQUÍMICO
 DE SUELOS, AGUAS Y VEGETALES
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS LAFASA





Ing. Roberto Miranda C. Ph.D.
 RESPONSABLE
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS LAFASA

laboratorio de la facultad de Agronomía en suelos y aguas

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850,
Telf. IIAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • **E-mail:** lafasa.suelos@gmail.com
Página web: agro.umsa.bo • La Paz - Bolivia

Anexo 7. Análisis químico del compost

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: MO 17/23

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO EN COMPOST MO 17/23

Solicitante: Eva Priscila Quispe - Estefani Jhanneth Quispe
Entidad: UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
Dirección del cliente: Z/Tupac Katari, C/15 630
Procedencia de la muestra: Kallutaca
Departamento: La Paz
Kallutaca/Módulo Biobonos
Punto de muestreo: Eva Priscila Quispe - Estefani Jhanneth Quispe
Responsable del muestreo: 4 de septiembre de 2023
Fecha de muestreo: 11:00
Hora de muestreo: 20 de septiembre, 2023
Fecha de recepción de la muestra: Del 20 de septiembre 4 de octubre, 2023
Fecha de ejecución del ensayo: Compost
Caracterización de la muestra: Simple
Tipo de muestra: Bolsa plástica
Envase: 17- 1
Código LCA: Compost EP
Código original :

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Compost EP 17- 1
pH acuoso	ISRIC 4		1 - 4	7,6
Conductividad eléctrica	ASPT 6	µS/cm	1,0	7900
Fósforo total	Metodo calcinación/ASPT 91	mg/kg	0,40	6479
Materia orgánica	Calcinacion	%	5,0	41
Nitrógeno total	ASPT-88	%	0,0030	1,9
Potasio total	Microwave Reaction System/EPA 258.1	mg/kg	8,0	21244

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 10 de octubre de 2023



Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

6 LABORES CULTURALES				5,16	5,16	14,16	14,16	14,16	14,16
1. Riego (cada 2 días/30 minutos)	Hr.	0	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2. Replante (Refalle)	Hr.	0,18	10,00	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
3. Aplicación tipos de abono en tratamientos)	Hr.	0	10,00	0,00	0,00	9,00	9,00	9,00	9,00
4. Deshierbe	Hr.	0,336	10,00	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36
5. toma de datos del experimento	Hr.	0	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7 COSECHA				15,72	15,72	15,72	18,72	15,72	15,72
1. Corte	Hr.	0,9	10,00	9,00	9,00	9,00	12,00	9,00	9,00
2. Recolección	Hr.	0,336	10,00	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36
2. Traslado a espacio de post cosecha	Hr.	0,336	10,00	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36
8 POST COSECHA				11,10	14,10	14,10	21,60	14,10	14,10
1. Selección	Hr.	0	10,00	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
2. Limpieza y embolsado	Hr.	0,75	10,00	7,50	7,50	7,50	15,00	7,50	7,50
4. Acomodo en canastas (Cajas)	Hr.	0,18	10,00	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
5. Entrega y envió	Hr.	0,18	10,00	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
9 COMERCIALIZACION MERCADO DE ABASTO				4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
1. Transporte (Invernadero - mercado)	un	0,09	20,00	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
2. Acomodo punto de venta	Hr.	0,09	10,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
3. Entrega a detallistas y consumidores	Hr.	0,09	10,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
4. Recojo y cargado de cajas	Hr.	0,09	10,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
4. Cobranzas	Hr.	0,09	10,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
TOTAL COSTO DIRECTO				94,63	99,38	131,02	153,36	139,94	141,69
1. Agua de riego (sistema de mantenimientos)	m3	0,3	2,50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
2. Herramientas menores	Ciclo	1,5	5,00	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
3. Alquiler terreno	Ciclo	3	2,78	8,34	8,34	8,34	8,34	8,34	8,34
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				16,59	16,59	16,59	16,59	16,59	16,59
TOTAL COSTO DE PRODUCCION				111,22	115,97	147,61	169,95	156,53	158,28

Anexo 9. Beneficio-Costo de la producción de pak-choi

Tratamientos	Costos (Bs)	Rendimiento (Kg/Trat)	Rendimiento ajustado (kg/trat)	Precio (Bs/kg)	Beneficio Bruto	Beneficio Neto	B/C Bruto	B/C Neto
T1	111,22	11,42	10,85	14	151,9	40,68	1,37	0,37
T2	115,97	12,0	11,37	14	159,18	43,21	1,37	0,37
T3	147,61	14,7	13,94	14	195,16	47,55	1,32	0,32
T4	169,95	24,4	23,16	14	324,24	154,29	1,91	0,91
T5	156,53	16,0	15,18	14	212,52	55,99	1,36	0,36
T6	158,28	19,2	18,27	14	255,78	97,50	1,62	0,62

Anexo 10. Registro de Temperaturas máximas minias y medias

FECHA	Tmax	Tmin	T media
28/11/2023	24	7	15
29/11/2023	23	10	16
30/11/2023	22	10	16
1/12/2023	23	7	15
2/12/2023	24	6	15
3/12/2023	19	10	14
4/12/2023	21	9	15
5/12/2023	20	6	13
6/12/2023	23	9	16
7/12/2023	21	9	15
8/12/2023	21	9	15
9/12/2023	24	7	16
10/12/2023	23	10	16
11/12/2023	21	9	15
12/12/2023	23	9	16
13/12/2023	20	10	15
14/12/2023	22	9	15
15/12/2023	21	6	13
16/12/2023	21	10	16
17/12/2023	23	10	16
18/12/2023	22	7	15
19/12/2023	22	9	16
20/12/2023	19	6	12
21/12/2023	21	9	15

22/12/2023	21	10	15
23/12/2023	23	11	17
24/12/2023	22	10	16
25/12/2023	22	9	16
26/12/2023	20	9	14
27/12/2023	21	7	14
28/12/2023	22	8	15
29/12/2023	23	9	16
30/12/2023	20	10	15
31/12/2023	23	7	15
1/1/2024	23	6	15
2/1/2024	22	9	16
3/1/2024	20	9	14
4/1/2024	20	8	14
5/1/2024	20	6	13
6/1/2024	21	8	14
7/1/2024	23	7	15
8/1/2024	24	7	15
9/1/2024	24	7	16
10/1/2024	23	8	16
11/1/2024	21	8	14
12/1/2024	22	7	14
13/1/2024	22	6	14
14/1/2024	22	9	15
15/1/2024	19	9	14
16/1/2024	21	9	15
17/1/2024	22	9	15
18/1/2024	21	10	16

Anexo 11. Cálculo dosis de abonamiento

Hallamos peso de la capa arable del suelo

$$\text{Peso del suelo} = \text{Dap} * \text{Superficie}$$

$$\text{Peso del suelo} = 1.053 * 10000m^2$$

$$\text{Peso del suelo} = 3159000 \frac{kg}{ha}$$

- Calculo en función al nitrógeno del suelo

N total = 0,48 %

Si 3159000 kg/ha=100%

$x=0.48\%$ Nitrógeno

$x= 15163.2$ kg de N/ha

1% Coeficiente de mineralización en regiones áridas

15163.2 kg de N/ha=100%

$x= 1\%$

$x=151.632$ kg de N/h disponibles

Dado que la cantidad de N disponible se calcula anualmente, para un ciclo de 1.7 meses aproximadamente (50 días=1.7 meses)

Entonces: Considerando un ciclo de 1.7 meses

151.632 kg de N/h disponibles =12 meses

$x= 1.7$ meses (ciclo vegetativo)

$x= 21.48$ kg de N/ha

- Calculo en función al fósforo del suelo

Fosforo disponible= 88.4 ppm

Ppm a kg/ha

1ppm=1mg de P/kg

88.4 ppm=88.4 mg de P/kg

88.4 mg de P/kg*3159000= 279255600 mg de P/ha

$$279255600 \text{ mg de P/ha} \cdot 1 \text{ kg} / 1000000 \text{ mg} = 279.25 \text{ kg P/ha}$$

- Cálculo en función al Potasio del suelo

Potasio Intercambiable= 2.774 meq/100g suelo

Considerando que es disponible el 10%

$$2.774 \text{ meq/100g suelo} \cdot 10\% = 0.274$$

Calculamos de k en gramos

$$\text{K en gramos} = \text{meq de K} \cdot \text{Peq} / 1000$$

$$\text{Peq} = \text{PA} / \text{V}$$

Donde:

Peq: peso equivalente

PA: Peso atómico del Potasio

V: Valencia del Potasio

$$\text{Peq} = 39.1 / 1 = 39.1$$

Entonces:

$$\text{K en gramos} = 0.274 \text{ meq de K} \cdot 39.1 / 1000$$

$$\text{K en gramos} = 0.0107 \text{ g de K} / 100 \text{ g de suelo}$$

Gramos a ppm de K

$$\text{Ppm} = \text{g de K} / \text{g de suelo} \cdot 10^6$$

$$\text{Ppm} = 0.0107 \text{ g de K} / 100 \text{ g de suelo} \cdot 10^6$$

$$\text{Ppm} = 107 \text{ ppm de K}$$

Cálculo de K en kg

107 ppm de K = 1000000

x= 3159000 kg/ ha de suelo

x= 338.013 de kg de K₂O disponibles/ha

Materia orgánica (MO)

7.7%

100%= 3159000 kg/ ha de suelo

7.7%= 24.32kg/m²

Nutrientes disponibles en el suelo		
N	0.48%	21.48 kg N/ha
P ₂ O ₅	88.40 ppm	279.25 kgP/ha
K ₂ o	107 ppm	338.013 de kg de K ₂ O/ha
MO	7.7%	24.32 kg/m ²

A NIVEL COMPOST

- Calculo del nivel de aporte de nitrógeno del compost, se consideró un 30% de humedad

N = 1,9 %

Humedad = 300%

Materia seca 70%

Si Abonamos con 5T/ha

5T/ha=100%

x= 70%

$x = 3.5 \text{ T/ha}$ de compost seco

Aporte de Nitrógeno

$3.5 \text{ T/ha} = 100\%$

$X = 1.9\%$

$X = 0.0665 \text{ T/ha}$

$X = 66.5 \text{ kg N/ha}$

Aporte de Fósforo

$3.5 \text{ T/ha} = 100\%$

$X = 0.65\%$

$X = 0.023$

$X = 23 \text{ kg/ha}$

Aporte de Potasio

$3.5 \text{ T/ha} = 100\%$

$X = 2.12\%$

$X = 0.0742$

$X = 74.2 \text{ kg/ha}$

Nutrientes necesarios para pak-choi			
	N kg	P ₂ O ₅	K ₂ O
Suelo	21.48	279.25	338.013
5 t/ha de compost	66.5	23	74.2

10 t/ha de compost	133	46	148.4
Extracción necesaria	100	85	200

Anexo 12. Diseño agronómico de riego

DATOS DEL SUELO

CC	26,70%	%HG
PMP	15,20%	%HG
Densidad	1,053	g/cm ³
Profundidad efectiva de raíz	300	Mm
% Agotamiento	6%	

DATOS DE RIEGO

Esp laterales	0,5	M
Esp emisores	0,3	M
Caudal de gotero	1,116	l/h
Presión de operación	10	Mca

DATOS DEL AMBIENTE

Área	45	m ²
Demanda hídrica de diseño	4,515	mm/día
eficiencia esperada	90%	
textura	pesados	

RIEGO SUPLEMENTARIO: Aporta toda la cantidad de agua que necesita el área de cultivo

LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO

Utilizando la fórmula:

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

ETo = Evapotranspiración potencial (mm/día)

Kc = coeficiente del cultivo

Kc: 1.05 para cultivos hortícolas

MEDICIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MÉTODO DE BLANNEY-CRIDDLE

Su modelo depende de la temperatura promedio de la zona y del porcentaje de horas diurna anuales, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$ETo = I (8.13 + 0.46 * T)$$

Donde:

ETo: evapotranspiración potencial (mm/día)

T: Temperatura promedio (C)

I: Insolación en la zona (%)

TEMPERATURA MEDIA: 15 grados centígrados

INSOLACIÓN DE LA ZONA

LATITUD SUR	MES: DICIEMBRE
20	9.00
16'31'28"	8,86
15	8.8

Fuente: Elaboración propia en base a Allen, R.G.; L. S. Pereira; D. Raes y Smith, M. (1998)

$$ETo = 8,86(8.13 + 0.46 * 15)$$

$$ETo = 133.1658 \frac{mm}{mes}$$

$$ETo = 4.3 \text{ mm/día}$$

Reemplazando a la fórmula de ET_c

$$ET_c = ET_o * K_c$$

$$ET_c = 4.3 * 1.05$$

$$ET_c = 4.515 \text{ mm/día}$$

CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CAMPO (CC)

Se determina la CC en base a peso seco con los datos granulométricos obtenidos del análisis químico físico del suelo.

$$CC(\% \text{en peso}) = (0.48 \times Ar\%) + (0.162 \times Li\%) + (0.023 \times Ao\%) + 2.62$$

Donde:

CC: Capacidad de campo

Ar%: Porcentaje de arcilla

Li%: Porcentaje de limo

Ao%: Porcentaje de arena

$$CC(\% \text{en peso}) = (0.48 \times 34\%) + (0.162 \times 45\%) + (0.023 \times 21\%) + 2.62$$

$$CC(\% \text{en peso}) = 26.71\%$$

PUNTO DE MARCHITAMIENTO

Se determina la PM en base a peso seco con los datos granulométricos obtenidos del análisis químico físico del suelo.

$$PM (\% \text{peso}) = (0.302 \times Ar\%) + (0.102 \times Li\%) + (0.0147 \times Ao\%)$$

Donde:

PM: Punto de marchitamiento

Ar%: Porcentaje de arcilla

Li%: Porcentaje de limo

Ao%: Porcentaje de arena

$$PM (\% \text{ en peso}) = (0.302 \times 34\%) + (0.102 \times 45\%) + (0.0147 \times 21\%)$$

$$PM (\% \text{ en peso}) = 15.17\%$$

RESULTADOS

1. CALCULO DE LA PRECIPITACIÓN:

Precipitación (P). Velocidad a la que un sistema riega.

Lámina de agua que cae en un tiempo determinado en el área bajo riego.

Se calculó con la fórmula:

$$P = \frac{\text{Caudal del gotero } \left(\frac{\text{litros}}{\text{hora}}\right)}{(\text{Esp. goteros} * \text{Esp laterales})}$$

$$P = \frac{1,116 \left(\frac{\text{litros}}{\text{hora}}\right)}{(0.3 * 0.5)}$$

$$P = \frac{7.44 \text{ litros}}{\text{m}^2} * \text{hora}$$

$$P = 7.44 \text{ mm/h}$$

2. CALCULO DE LA DEMANDA HIDRICA BRUTA

Tenemos ETc: 4,515 mm/día

Pero consideramos una eficiencia de 90% por lo cual se debe aumentar un 10% a la demanda de agua

$$\text{Demanda hídrica bruta} = \frac{ETc}{90\%}$$

$$\text{Demanda hídrica bruta} = \frac{4.515}{90\%}$$

$$\text{Demanda hídrica bruta} = 5.02 \text{ mm/día}$$

3. LAMINA DE REPOSICIÓN

Asumimos el 6% de agotamiento

$$L_{\text{suelo}} = \left(\frac{CC-PM}{100} \right) * \frac{\text{Densidad del suelo}}{\text{Densidad del agua}} * \text{Profundidad efectiva de la raíz} * \% \text{Agotamiento} * \text{PAR}$$

$$L_{\text{suelo}} = \left(\frac{26,7 - 15,2}{100} \right) * \frac{1,053}{1} * 300\text{mm} * 6\% * 220\%$$

$$L_{\text{suelo}} = 5.02 \text{ mm}$$

4. FRECUENCIA DE RIEGO

$$Fr = \frac{\text{lamina de reposición}}{\text{Demanda hídrica bruta}}$$

$$Fr = \frac{5.02}{5.02}$$

$$Fr = 1 \text{ días}$$

5. TIEMPO DE RIEGO

$$Tr = \frac{\text{lámina de reposición}}{\text{Precipitación}}$$

$$Tr = \frac{5.02}{7.44}$$

$$Tr = 0.67 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

$$Tr = 40 \text{ minutos aproximadamente}$$