

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DEL CULTIVO DE
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) CON LA APLICACIÓN DE COMPOST, EN
AMBIENTE ATEMPERADO, EN LA ZONA DE CALLAPA DE LA PROVINCIA
MURILLO DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

GERMAN MAMANI AYALA

La Paz – Bolivia

2023

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DEL CULTIVO DE
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) CON LA APLICACIÓN DE COMPOST, EN
AMBIENTE ATEMPERADO, EN LA ZONA DE CALLAPA DE LA PROVINCIA
MURILLO DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ”**

*Tesis de Grado presentado como requisito parcial
para obtener el título de Ingeniero Agrónomo*

GERMAN MAMANI AYALA

ASESOR(ES)

Ing. Willams Alex Murillo Oporto

Ing. M.Sc. Marcelo Tarqui Delgado

TRIBUNAL EXAMINADOR:

Ing. M.Sc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta

Ing. Esther Tinco Mamani

Ing. Milton Indalicio Macías Villalobos

APROBADO

Presidente Tribunal Examinador

La Paz – Bolivia

2023

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida por ser mi guía y brindarme sabiduría, fortaleza, paciencia y haberme ayudado a alcanzar esta meta.

A mis queridos padres, por haberme brindado su amor incondicional, comprensión para lograr cumplir un objetivo más en esta vida, se los debo sin duda alguna. Porque siempre creyeron en mí. Gracias por todos esos consejos sabios.

A mis hermanos por el apoyo e inmenso cariño y comprensión que me brindaron para la culminación de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, doy gracias a mi Dios mediante Jesucristo, por su amor incomparable y por todas las oportunidades que me dio y me da.

A mis asesores, un profundo agradecimiento al Ing. Willams Alex Murillo Oporto e Ing. MSc. Marcelo Tarqui Delgado por su colaboración y apoyo incondicional en mi formación. Porque todos me transmitieron sus conocimientos, sus valiosas sugerencias, por el tiempo dedicado para mejorar el presente trabajo de investigación.

A mi tribunal revisor: Ing. MSc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta, Ing. Esther Tinco Mamani e Ing. Milton Indalicio Macías Villalobos por sus valiosos aportes para el enriquecimiento de mi trabajo y por el tiempo dedicado a la revisión del mismo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL.....	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	VII
RESUMEN	VIII
SUMMARY.....	IX

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Justificación	2
2.	OBJETIVOS	3
2.1.	Objetivo general	3
2.3.	Hipótesis	3
3.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1.	Cultivo de Lechuga	4
3.1.1.	Origen del cultivo	4
3.1.2.	Taxonomía	5
3.1.3.	Morfología del cultivo	5
3.1.4.	Fenología del cultivo	6
3.1.5.	Producción a nivel internacional y nacional	7
3.1.6.	Producción bajo invernadero	8
3.1.7.	Labores culturales bajo invernadero	8
3.1.7.1.	Almácigo	9
3.1.7.2.	Trasplante	9
3.1.7.3.	Riego	10
3.1.7.4.	Fertilización	10
3.1.7.5.	Aporque	11
3.1.7.6.	Cosecha	11
3.1.8.	Condiciones de suelo y clima	12
3.1.8.1	Funciones de los elementos nutritivos y sus carencias	13
3.1.9.	Contenido nutricional de la lechuga	15
3.2.	Variedades de lechuga	17
3.2.1.	Variedad Waldman's Green	17
3.2.2.	Variedad Romana	17
3.3.	Municipio de Callapa	18
3.3.1.	Producción agropecuaria en Callapa	19
3.4.	Agricultura orgánica	20
3.5.	Abonos Orgánicos	20
3.5.1.	Compost	21
3.5.1.1.	Aplicación y dosificación de compost	23
3.5.1.2.	Efecto sobre las propiedades biológicas	23

3.5.1.3.Efecto sobre las propiedades físicas.....	24
3.5.1.4.Efecto sobre las propiedades químicas.....	25
4. LOCALIZACIÓN	26
4.1. Ubicación geográfica.....	26
4.2. Características edafoclimáticas.....	26
4.3. Topografía y vegetación.....	27
5. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	28
5.1. Materiales	28
5.1.1. Material vegetal.....	28
5.1.2. Material orgánico	28
5.1.3. Material de campo	28
5.1.4. Material de gabinete.....	28
5.2. Metodología.....	29
5.2.1. Selección del área de investigación	29
5.2.2. Preparación del terreno.....	29
5.2.3. Obtención de compost	29
5.2.4. Delimitación del área experimental	30
5.2.5. Almácigo de lechuga.....	30
5.2.6. Aplicación de compost	30
5.2.7. Trasplante de lechuga.....	31
5.2.8. Riego	31
5.2.9. Control de malezas y aporque	31
5.2.10. Control fitosanitario	31
5.2.11. Cosecha.....	32
5.3. Diseño experimental	32
5.3.1. Modelo estadístico	32
5.3.2. Factor de estudio	33
5.3.3. Croquis del experimento	34
5.3.4. Características de la parcela experimental.....	35
5.4. Variables de respuesta	35
5.4.1. Análisis de suelo y compost.....	35
5.4.2. Porcentaje de germinación	36
5.4.3. Altura de planta.....	36
5.4.4. Número de hojas.....	36
5.4.5. Peso de la planta	36

5.4.6. Diámetro de tallo	36
5.4.7. Rendimiento.....	36
5.4.8. Análisis estadístico	37
5.4.9. Análisis económico	37
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	39
6.1. Características físicas y químicas del suelo	39
6.2. Características químicas del compost	40
6.3. Porcentaje de germinación.....	42
6.4. Altura de planta	43
6.5. Número de hojas	46
6.6. Diámetro de tallo	48
6.7. Peso de planta	51
6.8. Rendimiento.....	53
6.9. Análisis económico	55
6.9.1. Costo de producción	55
6.9.2. Beneficio	56
6.9.3. Beneficio costo.....	56
7. CONCLUSIONES	58
8. RECOMENDACIONES	59
9. BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades nutricionales la lechuga.....	16
Tabla 2. Composición química del compost.....	22
Tabla 3. Descripción de los factores de estudio principales.....	33
Tabla 4. Distribución de los tratamientos en el invernadero.....	34
Tabla 5. Analisis fisico quimico del suelo.....	39
Tabla 6. Analisis fisico quimico del compost.....	40
Tabla 7. Porcentaje de germinacon	42
Tabla 8. Análisis de la varianza altura planta	44
Tabla 9. Test Duncan efecto dosis de compost en altura planta.....	44
Tabla 10. Análisis de la varianza número de hojas	46
Tabla 11. Test Duncan efecto dosis de compost en el número de hojas.....	47
Tabla 12. Análisis de la varianza diámetro del cuello.....	48
Tabla 13. Test Duncan efecto dosis de compost en diámetro cuello.....	49
Tabla 14. Test Duncan efecto dosis de compost y variedad en diámetro cuello.....	50
Tabla 15. Análisis de la varianza peso planta	52
Tabla 16. Test Duncan efecto dosis de compost en peso planta.....	52
Tabla 17. Cálculo de rendimiento.....	54
Tabla 18. Análisis de costos de la producción de lechuga.....	55
Tabla 19. Análisis de beneficios económicos.....	56
Tabla 20. Análisis de la relación beneficio costo	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del área de estudio en Callapa de la Provincia Murillo.....	26
Figura 2: Croquis del experimento.....	34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mullido y nivelación del terreno después de su arado.....	69
Anexo 2. Cosecha de compost de la estación experimental de cota cota.....	69
Anexo 3. Delimitación del área experimental	70
Anexo 4. Almacigo del cultivo de la lechuga	70
Anexo 5. Trasplante del cultivo de la lechuga	71
Anexo 6. Riego del cultivo de lechuga	71
Anexo 7. Aporque y control de malezas.....	72
Anexo 8. Cosecha y evaluación de las lechugas	72
Anexo 9. Análisis de laboratorio del suelo.....	73
Anexo 10. Análisis de laboratorio del compost.....	74

RESUMEN

El manejo inapropiado de los recursos naturales implica el inicio de una degradación y desertificación de estos recursos, mostrando sus efectos después de un tiempo en la disminución continua de la producción agrícola, no permitiendo generar excedentes significativos para su comercialización, por lo que es necesario la incorporación de materia orgánica en forma de abonos orgánicos de manera continua con el fin de mantener unos niveles productivos aceptables.

Por otra parte, en el país la lechuga es cultivada ampliamente y una de sus limitantes para el desarrollo de este cultivo son los problemas nutricionales del suelo que afecta tanto el volumen de biomasa cosechable como su calidad. Por lo antes señalado, el presente proyecto de investigación se realizó con el objetivo de evaluar la producción de dos variedades de lechuga con diferentes dosis de compost en un ambiente controlado ubicado en la zona de Callapa, Provincia Murillo del departamento de La Paz. Se empleó un arreglo bifactorial con un diseño completamente al azar (DCA), con 8 tratamientos y 4 repeticiones generando 32 unidades experimentales. Los factores principales de estudio fueron dosis de abonamiento: 0, 1.5, 2.5 y 3.5 kg/m²; y variedades de lechuga: Waldman's Green y Romana.

Los resultados obtenidos muestran que existen diferencias significativas en los rendimientos de las dos variedades de lechuga con al menos una de las dosis de compost aplicadas. Siendo favorables las dosis altas de compost de 2.5 y 3.5 kg/m² porque incrementan de manera significativa la altura, número de hojas, diámetro del cuello y peso de la planta de lechuga, no importando la variedad, en comparación con la dosis de 0 y 1.5 kg/m² cuyo efecto sobre las lechugas es el mismo en todas las variables que se evaluaron. El mayor rendimiento de 309,38 g se obtuvo al aplicar a cualquiera de las variedades de lechuga 3.5 kg/m² de compost. Se obtuvo un mayor beneficio-costos en la producción de lechuga con la aplicación de la dosis de 3.5 kg/m² de compost siendo mayor para la variedad Waldman's Green con 1.36 Bs. seguido de la variedad Romana con 1.31 Bs.

SUMMARY

The inappropriate management of natural resources implies the beginning of a degradation and desertification of these resources, showing its effects after some time in the continuous decrease of agricultural production, not allowing the generation of significant surpluses for its commercialization, so it is necessary the incorporation of organic matter in the form of organic fertilizers in a continuous way in order to maintain acceptable productive levels.

On the other hand, lettuce is widely cultivated in the country and one of the limitations for the development of this crop are the nutritional problems of the soil that affect both the volume of harvestable biomass and its quality. Therefore, this research project was carried out with the objective of evaluating the production of two varieties of lettuce with different doses of compost in a controlled environment located in the area of Callapa, Murillo Province, Department of La Paz. A bifactorial arrangement with a completely randomized design (CRD) was used, with 8 treatments and 4 replications, generating 32 experimental units. The main study factors were fertilizer rates: 0, 1.5, 2.5 and 3.5 kg/m²; and lettuce varieties: Waldman's Green and Romana.

The results obtained show that there are significant differences in the yields of the two lettuce varieties with at least one of the compost doses applied. The high compost doses of 2.5 and 3.5 kg/m² are favorable because they significantly increase the height, number of leaves, neck diameter and weight of the lettuce plant, regardless of the variety, compared to the doses of 0 and 1.5 kg/m², whose effect on lettuce is the same in all the variables evaluated. The highest yield of 309.38 g was obtained when 3.5 kg/m² of compost was applied to any of the lettuce varieties. A greater benefit-cost was obtained in lettuce production with the application of the 3.5 kg/m² dose of compost, being greater for the Waldman's Green variety with 1.36 Bs. followed by Romana with 1.31 Bs.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los suelos agrícolas sufren pérdidas considerables de nutrientes, agotando su contenido de materia orgánica de manera constante el cual debe ser restituido continuamente. El desconocimiento y manejo inapropiado de los recursos naturales implica el inicio de una degradación y desertificación de estos recursos, los mismos que sumados a factores físico-naturales ocasionan problemas aún mayores e irreversibles.

La zona de Callapa, ubicada en el Macro distrito 4 en San Antonio de la provincia Murillo del departamento de La Paz, presenta un problema latente de erosión afectando principalmente a la agricultura. Otros problemas que se tienen, según ECOLOGY-SOS (2006) relacionados a la producción agrícola en la zona de Callapa son: manejo inapropiado de los recursos naturales, poca existencia de recursos hídricos superficiales, avance de la salinización de suelos, débil aparato productivo, pocas alternativas de producción, producción agrícola y pecuaria de un 80 a 90 % para autoconsumo.

Por otra parte, respecto al cultivo de lechuga, en el país es cultivada ampliamente, por lo que se deben emplear buenas prácticas de campo para obtener productos en cantidad y de buena calidad. Sin embargo, una de las limitantes para el desarrollo de este cultivo son los problemas nutricionales, de preparación y manejo del suelo. Trayendo como consecuencia la salinización de los suelos, los cambios bruscos de temperaturas del suelo, incremento de microorganismos perjudiciales y las enfermedades causadas por hongos o bacterias.

Mantener la fertilidad del suelo en un sistema productivo orgánico es muy importante para el aumento de la eficiencia del flujo de nutrientes en el suelo, que pasa de estado fijo a soluble y esto puede lograrse mediante la incorporación de residuos de cultivo en forma de abonos orgánicos, estiércoles, etc. Si se tiene en cuenta la gran cantidad de residuos orgánicos producidos tanto en el campo como en la ciudad, podemos deducir que muchas veces son mal manejados causando olores desagradables, contaminando a su vez acuíferos subterráneos y fuentes superficiales

de agua de consumo humano, por lo que es necesario realizar investigación aplicada sobre los posibles usos de estos residuos para su validación, en nuestro caso, como abonos orgánicos. Estas investigaciones deben ofrecer información respecto a la cantidad de nutrientes que se aportan al suelo, a su forma de aplicación, a las dosis que se deben emplear según el cultivo, etc. todo esto con el fin de generar un estímulo en la población sobre lo bueno que es reciclar y dar un valor agregado a los residuos reciclados.

Así mismo, el conocimiento sobre el manejo adecuado del uso del compost puede traer grandes beneficios como ser: la conservación de suelo, incremento del rendimiento de los cultivos, incrementos económicos, eliminación de patógenos y bacterias contaminantes de alimentos, y sobre todo el aporte cultural demostrando respeto por la conservación del medio ambiente

1.1. Justificación

En la zona de Callapa ubicada en la Provincia Murillo del departamento de La Paz se desconocen los valores exactos de la cantidad de compost que se debe utilizar para obtener buenos rendimiento del cultivo de lechuga. Por lo que, el presente estudio nos permitió determinar estos valores, para dos variedades de lechuga (Romana y Waldman's Green) mediante la evaluación del rendimiento de las lechugas, su altura, número de hojas y diámetro de cuello. El estudio se realizó en un periodo de ocho meses, entre enero a agosto. Siendo los principales beneficiados del estudio, los agricultores de la zona de Callapa, los cuales usarán los datos obtenidos para aplicar una cantidad más precisa de compost en el cultivo de lechuga, sin afectar el costo de producción e incrementando el rendimiento de la lechuga.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar la producción de dos variedades de lechuga con diferentes dosis de compost en ambiente controlado.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar el efecto del compost en el rendimiento de dos variedades de lechuga.
- Cuantificar la dosis óptima de compost para obtener el mayor rendimiento en ambas variedades de lechuga.
- Calcular los costos de producción del cultivo de lechuga con la aplicación de compost en invernadero.

2.3. Hipótesis

Ho: No existen diferencias significativas en los rendimientos de las dos variedades de lechuga con la aplicación de diferentes dosis de compost, bajo las condiciones controladas de invernadero.

Ha: Existen diferencias significativas en los rendimientos de las dos variedades de lechuga con al menos una de las dosis de compost aplicadas, bajo las condiciones controladas de invernadero.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Cultivo de Lechuga

La lechuga es una hortaliza que se consume en fresco, principalmente como ingrediente en la preparación de comida rápida. Su contenido de agua es alto, además posee un bajo valor energético, por lo que puede utilizarse en las dietas hipocalóricas o para disminuir de peso (Casaca, 2005).

Lozano (2003) citado por Incio (2019) señala que la lechuga fue descrita por el científico sueco Carlos Linneus en el año 1735 y que la palabra *Lactuca* es un nombre genérico que procede de latín “lac” que significa “leche” y hace referencia a una apariencia láctea y “sativa” es un epíteto que hace referencia a su carácter de especie cultivada.

3.1.1. Origen del cultivo

De Vries (1990) citado por Cristobal y Tucto (2020) explica que antes de la domesticación por los humanos, la lechuga crecía de manera silvestre. Aún no está claro qué especies participaron en la evolución que condujo a la lechuga moderna. Pero hay certera evidencia de que *Lactuca serriola* es uno de los ancestros directos, dado que los cromosomas entre *L. sativa* y *L. serriola* son muy similares morfológicamente y no tienen problemas en cruzarse libremente.

Por su parte, Ponciano (2021) indica que la lechuga es un cultivo que la humanidad domesticó hace mucho tiempo. Por su origen varios autores que afirman que procede de la India, mientras que otros se decantan por regiones templadas de Europa, Asia y América del Norte. Lo que queda más o menos claro es que su cultivo comenzó hace unos 2.500 años. Fue una especie vegetal conocida por los persas, griegos y romanos. La teoría más aceptada indica que la lechuga fue domesticada en el Oriente Próximo a partir de la especie *Lactuca serriola* L.

Mollehuanca (2019) menciona que la historia de la lechuga es muy antigua, hasta se ha encontrado gravada en pintura de tumbas egipcias 4.500 a.C. y por sus condiciones alimenticias ya era mencionada por Hipócrates hace 500 a.C. La lechuga

fue domesticada por los egipcios hacia 4.500 a.C. y se cultiva desde la antigüedad griega. Fue traída de América en los años 1.600 por los europeos. Mismo autor indica de acuerdo con Halsuet & Miñambres (2005) que originalmente la planta fue cultivada por sus semillas oleaginosas más que por sus hojas. El amargor está asociada a la producción de látex, savia lechosa que presentan todas las variedades cultivadas.

3.1.2. Taxonomía

ITIS & SPECIES2000 (2020) citados por Guerra (2021) clasifican a la lechuga de la siguiente manera:

Reino : Vegetal

División : Tracheophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Asterales

Familia : Asteraceae

Género : Lactuca

Especie : *Lactuca sativa* L.

3.1.3. Morfología del cultivo

La lechuga es una hortaliza de hojas sueltas o acogolladas, listas para el consumo directo en ensaladas y otras preparaciones gracias a sus características organolépticas (Florez et al, 2012).

La lechuga es una planta anual autógama, que posee una raíz pivotante, relativamente gruesa en la corona que se adelgaza gradualmente en profundidad, la cual puede alcanzar más de 60 cm de profundidad. Las hojas sésiles están distribuidas en forma de espiral, en una roseta densa alrededor de un tallo corto. Hay una considerable diversidad de colores, formas, tipos de superficies, márgenes y textura entre los diversos tipos y formas de lechuga (Saavedra, 2017).

Las hojas son basales, numerosas y grandes. Se desarrollan en rosetas. Sus formas pueden ser ovales, oblongas, ramificadas, crespas o lisas; pueden ser brillantes u opacas según la variedad. El tallo es muy corto y lleva una roseta de hojas que varían en tamaño, textura, forma y color según la variedad del cultivo. La raíz es de tipo pivotante y denso; alcanza 30 cm de longitud. Las flores son amarillas, pequeñas y se agrupan en un mismo nivel apical, naciendo sus pedúnculos a diferentes alturas del núcleo principal (Díaz, 2021).

3.1.4. Fenología del cultivo

Según Afroza y Rana (2018) citados por Martínez y Valeriano (2022) las plantas de lechuga pasan de la etapa comestible entre los 65 a 130 días, dependiendo de la variedad, para posteriormente desarrollar inflorescencias con pequeñas flores amarillas. El mismo citando a Montesdeoca (2008) refiere las siguientes fases:

- a) Etapa de plantación:** comprende desde la emergencia hasta la aparición de la tercera o cuarta hoja verdadera, y tiene una duración de tres a cinco semanas.
- b) Etapa roseta:** durante esta etapa disminuye la relación largo/ancho de las hojas y se forman de 12 a 14 hojas verdaderas.
- c) Etapa de formación de cabeza:** continúa el descenso de la relación largo/ancho en las nuevas hojas, caracterizado por el crecimiento de la planta, las hojas curvadas continúan saliendo hasta que son completamente envueltas por las hojas exteriores. Las hojas se disponen primeramente en roseta y después se compactan unas a otras formando el cogollo que varía según las variedades. Aunque hay variedades que no forman cabeza.
- d) Etapa de madurez:** se forman un gran número de hojas en el interior, generando un cogollo firme, tiene una duración de 60 a 120 días. Las hojas se continúan expandiendo hasta que se forman grietas.
- e) Etapa de floración:** el tallo de la inflorescencia emerge por la parte superior del cogollo, a los 50 a 70 días. Después de 12 a 14 días del desarrollo de la flor, el involucro se seca y se abre para dispersar las semillas.

De la misma forma Solórzano (1992) citado por Guerra (2021) menciona que el cultivo de la lechuga bajo el sistema de trasplante y siembra directa presenta la siguiente fenología:

- a) **Emergencia:** 6 días en siembra directa.
- b) **Trasplante:** 25 a 30 días después del almácigo.
- c) **Cosecha:** 60 a 80 días después del trasplante y 45 a 70 días en siembra directa.
- d) **Producción de semillas:** a los 120 días.

3.1.5. Producción a nivel internacional y nacional

En 2021, se produjeron aproximadamente 27,7 millones toneladas de lechugas a nivel mundial. Esta cifra supone un ligero aumento de casi 40.000 toneladas respecto al año anterior, pero queda lejos de los 28,6 millones producidos en 2018, cuando se registraron los valores más altos (Orús, 2023).

La Encuesta Nacional Agropecuaria (2008) señala que Bolivia produce alrededor de 10.799 toneladas de lechuga anual en una superficie de 1.223 hectáreas, con un rendimiento de 8.830 Kg/Ha. Su comercialización se la realiza en todos los departamentos, centros feriales y mercados provinciales; también en súper mercados con amplia oferta y demanda gracias al mayor consumo de hortalizas su comercialización tiene cada vez mayor importancia. En la misma encuesta se indica que en el departamento de La Paz, en una superficie de 192 hectáreas se obtuvo un rendimiento de 7.844 Kg/Ha con una producción de 1.506 toneladas anuales.

El Instituto Nacional de Estadística (2023) menciona que Bolivia produjo en la gestión 2020-2021 alrededor de 18.434 toneladas métricas y para la gestión 2021-2022 un aproximado de 18.342 toneladas métricas de lechuga, siendo el departamento con mayor producción Chuquisaca la gestión 2021-2022 con alrededor de 6.196 toneladas métricas, la producción en el departamento de La Paz para la gestión 2021-2022 fue cerca de 5.742 toneladas métricas siendo el segundo productor de esta hortaliza.

3.1.6. Producción bajo invernadero

Según Matallana (2001), invernadero es un espacio con el microclima apropiado para el óptimo desarrollo de una plantación específica, por lo tanto, partiendo del diseño deben obtenerse en él, la temperatura, humedad relativa y ventilación apropiadas que permitan alcanzar alta productividad a bajo costo, en menos tiempo, sin daño ambiental, protegiéndose de las lluvias, las heladas, o los excesos de viento que pudieran perjudicar un cultivo.

Los sistemas de producción hortícola en ambientes protegidos se realizan con el fin de mejorar y proteger los cultivos de condiciones climáticas extremas, mejorando la agricultura intensiva orgánica, garantizando una producción continua. Además, agrega que como población boliviana va creciendo, los requerimientos y necesidades de la demanda de productos hortícolas va en aumento. Por esto es necesario realizar agricultura intensiva en superficies reducidas como en viveros e invernaderos, sin alterar las necesidades fisiológicas de cada cultivo, para así obtener una mayor cantidad y diversidad de productos hortícolas y cubrir la demanda del mercado (Mendoza, 2019).

El uso más común de un invernadero es para la producción de cultivos hortícolas, es decir, plantas herbáceas, hortalizas de hoja, raíz, tubérculo o fruto. Esto es debido a que la producción bajo condiciones ambientales controladas contribuye a aumentar la producción de los cultivos (Novagric, 2015).

3.1.7. Labores culturales bajo invernadero

Orozco (2011) citado por Calle (2018) explica que en ocasiones es necesario realizar trabajos de tipo infra estructurales antes de iniciar la preparación del suelo. Estos trabajos pueden incluir el desmonte de terreno, eliminando piedras y troncos, nivelación de terreno, labranza profunda, subsuelo, para romper capas duras e instalación de drenajes.

Por otro lado, la lechuga requiere labores específicas del cultivo para cada etapa de desarrollo, las cuales se desarrollan a continuación:

3.1.7.1. Almacigo

El almacigo es la práctica específica en donde se realiza la germinación de semillas y el desarrollo de plántulas de hortalizas de importancia económica y comercial, para su posterior trasplante. La fase de almacigo se completa cuando las plantas alcanzan su edad de trasplante, que podría variar según condiciones de luz, humedad o cantidad de celdas en la bandeja. En el caso de la lechuga tiempo de espera para trasplante es de 5 a 7 semanas (ProNAP, 2011).

En la siembra indirecta se debe realizar las labores de preparación de terreno para almacigos, mezclando tierra de cultivo y materia orgánica (compost, humus, turba y arena) en una proporción 2:1; también se debe nivelar el terreno desinfectarlo y debe tener una humedad adecuada (Mollehuanca, 2019).

Señala Incio (2019) que la siembra en un almacigo se debe realizar a 5 mm de profundidad y cuando la planta tenga 5 o 6 hojas verdaderas y una altura de 8 cm, se trasplanta y pasa a campo definitivo, aproximadamente en 30 días.

3.1.7.2. Trasplante

Mollehuanca (2019) señala que, al trasladar las plántulas al terreno definitivo, la densidad de siembra varía dependiendo de muchos factores, especialmente en la variedad, en general es aconsejable un distanciamiento entre surcos de 50 a 80 cm y entre plantas de 25 a 40 cm en doble hilera intercalada y de 25 a 30 cm cuando la plantación es en todas direcciones. También indica que la densidad tiene una influencia importante en las variedades crespas arrepolladas, en la formación de cabezas y la precocidad, etc.

Giacconi (2004) citado por Incio (2019) indica que el trasplante debe realizarse cuando las lechugas posean de 4 a 8 hojas y un tamaño de 10 cm. La plantación debe hacerse en la parte superior del camellón, para que la raíz con tierra quede al nivel del suelo, y así evitar podredumbres al nivel del cuello. Se deja un espacio de 25 a 30 cm entre cada lechuga y de 35 a 40 cm entre hileras.

El tamaño adecuado de la planta dispuesta para ser trasplantada es de 15 cm., con 8 a 10 hojas; para que las raicillas sufran el menor daño posible, hay que proceder al riego del semillero unos días antes del arranque y posterior trasplante (Japón, 2020).

3.1.7.3. Riego

Mollehuanca (2019) explica que la lechuga requiere humedad permanente del suelo, pero bajo un buen drenaje. El cultivo demanda unos 400 a 500 mm de agua durante el ciclo vegetativo. En caso de no ser suficientes, se recomienda riegos cada 8 a 10 días, suspendiéndoles unos cinco días antes de la recolección. Los riegos deben ser ligeros y frecuentes, no obstante, el suelo debe estar aparentemente seco en la capa superficial para evitar podredumbre en el cuello.

La lechuga es muy sensible a la sequía, por lo que es de gran importancia proporcionarle agua en cantidad suficiente, tanto más frecuentemente como mayor sea la capacidad de drenaje del terreno. Una vez implantado el cultivo se regará con un turno de 5 a 6 días, según las condiciones climáticas, siempre con volúmenes cortos, evitando el encharcamiento (Japón, 2020).

Las plantas de lechuga tienen un sistema de raíces poco profundas. Normalmente prefieren sesiones de riego más pequeñas, pero más frecuentes. Es muy recomendable regar las plantas de lechuga temprano en la mañana o al anochecer. Es esencial evitar el riego excesivo que puede dar lugar a brotes de enfermedades y podredumbre de la raíz. Mantener el suelo húmedo es la clave para cultivar lechugas saludables (WikiFarmer, 2017).

3.1.7.4. Fertilización

Valencia (1995) citado por Mollehuanca (2019) señala que cuando se incorpora materia orgánica al cultivo de la lechuga, esta debe realizarse con anticipación, a fin de que tenga tiempo suficiente de descomponerse y pueda ser aprovechada por la planta. La incorporación cercana a la siembra eleva la temperatura del suelo, ocasionando problemas durante la germinación. Se recomienda al menos 10 tn/ha de estiércol proveniente de cualquier fuente como aves, vacunos u ovinos. Es

recomendable aplicar estos elementos, a una profundidad de 8 a 10 cm. En el caso de siembra en almacigo y posterior trasplante, aplicar un tercio de fertilizante nitrogenado después del trasplante y el restante abono nitrogenado 15 días después.

Mientras que Casaca (2005), afirma que la lechuga es exigente en abonado potásico, por lo que se debe cuidar los aportes de dicho elemento, sobre todo cuando las temperaturas son bajas.

3.1.7.5. Aporque

Consiste en amontonar tierra al pie del tallo de la planta para estimular el crecimiento de nuevas raíces, el primer aporque se realiza al inicio de la primera floración que es aproximadamente a un mes del trasplante y sobre todo consiste en un aflojamiento del suelo que permite una mayor aireación; y un segundo puede realizarse a los dos meses del trasplante y se puede realizar una segunda fertilización química (Condori, 2009).

El aporque es una técnica agrícola que consiste en acumular tierra en la base del tronco o tallo de una planta, con el fin de que queden protegidas; incluso ayuda a facilitar el riego e impide el exceso de humedad (SIAP, 2017).

3.1.7.6. Cosecha

La madurez está basada en la compactación de la cabeza. Una cabeza compacta es la que requiere de una fuerza manual moderada para ser comprimida, es considerada apta para ser cosechada. Una cabeza suelta esta inmadura y muy firme o extremadamente dura es considerada sobre madura. Las cabezas inmaduras y maduras tienen mucho mejor sabor que las sobre maduras y también tienen menos problemas en post cosecha (Mollehuanca, 2019).

La lechuga puede tomar de 65 a 130 días desde la siembra hasta la cosecha (dependiendo de la variedad). En la mayoría de los casos, la lechuga se puede cosechar entre 30 y 70 días después del trasplante. El momento adecuado para cosechar nuestras plantas depende no solo de diferentes variedades sino también de las condiciones locales (clima, distancias de siembra, peso de mercado preferido,

fertilización, etc.) (WikiFarmer, 2017). Aspectos importantes sobre la Cosecha de Lechuga:

- Se recomienda evitar la recolección de plantas demasiado maduras. Sus hojas tienen un sabor amargo, por lo que se prefiere cosecharlas cuando aún son jóvenes, justo antes de la madurez.
- La lechuga de hoja se puede cosechar quitando sus hojas externas. Por lo tanto, las hojas internas (cerca del centro de la planta) pueden continuar creciendo.
- Revisar regularmente el campo buscando plantas que estén listas para la cosecha.
- El momento ideal para cosechar lechuga es muy temprano en la mañana antes de que salga el sol.
- Después de la cosecha, almacenar la lechuga en un lugar frío pero no congelado.

3.1.8. Condiciones de suelo y clima

Respecto al suelo Sánchez (2004) citado por Mollehuanca (2019) señala que se recomienda los suelos francos y suelos ricos en materia orgánica, pues hay un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos y el crecimiento de las plantas es más rápido. En ningún caso se admite situaciones prolongadas de estrés hídrico, aunque la superficie del suelo es conveniente que esté seca para evitar en todo lo posible la aparición de podredumbres al cuello. Así mismo señala que la lechuga es una planta relativamente resistente al frío, porque realiza el mayor su desarrollo vegetativo en temperaturas inferiores a 21°C.

Cámara de comercio de Bogotá (2015) menciona que el requerimiento hídrico del cultivo de lechuga es de 300 a 600 mm de agua durante todo el ciclo. Se recomienda que los riegos se realicen a primeras horas de la mañana o a últimas de

la tarde, evitando las horas de alta temperatura por que se pueden originar desequilibrios como el amarillamiento de las hojas.

Por su parte, Gutiérrez et al. (2009), señalan que los requerimientos agroclimáticos de la lechuga son:

- Suelo.** La adaptación de esta hortaliza a diferentes tipos de suelo es muy amplia, desde arenosos hasta arcillosos, sin embargo, el mejor desarrollo se obtiene en suelos franco – arenosos, fértiles, con buen drenaje, ricos en materia orgánica y con una buena retención de humedad, por lo que su pH óptimo es el comprendido entre 5.8 a 6.5.
- Luminosidad.** Al ser una planta anual que necesita media luz, entre 12 a 14 horas.
- Humedad.** La humedad debe estar comprendida entre los 60 a 80 %.
- Temperatura.** Requiere de climas templados. Las semillas de lechugas comienzan a germinar a temperaturas de 2 a 3 °C en el suelo, el rango de temperatura para su desarrollo es de 13 a 25 °C, siendo la óptima de 16 a 22 °C, con una temperatura máxima de 25 °C y una mínima de 10 °C.

La Cámara de Comercio de Bogotá (2015) nos menciona además otras condiciones:

- Altura sobre el nivel mar.** 1800 a los 2800 m.s.n.m.
- Requerimiento hídrico.** Entre 300 a 600 mm.
- Observaciones.** Sensible a exceso de humedad y encharcamiento.

3.1.8.1. Funciones de los elementos nutritivos y sus carencias

Pomares y Ramos (2010) citados por Ponciano (2021) señalan que la cantidad de nutrientes que absorbe la lechuga va a depender de la cantidad de biomasa producida por los distintos órganos de la planta (hojas, tallo, raíz) por lo que las extracciones van a variar dependiendo del tipo de lechuga, variedad, ciclo de cultivo,

etc. Para una producción de 35 tn/ha la extracción de nutrientes por la lechuga viene a ser de 80 a 100 kg/ha de N, 30 a 50 kg/ha de P₂O₅ y 160 a 210 kg/ha de K₂O.

Según Mollehuanca (2019) de los 16 elementos químicos considerados necesarios para el crecimiento saludable de la planta, 13 son nutrientes minerales entre ellos el nitrógeno cumple la función de producir glúcidos que se proteinizan después por medio del N del suelo. Si el abonado del nitrógeno es abundante, la mayor parte del glúcido se emplea en la proteinización y quedan poco para los órganos de reserva, favoreciendo el desarrollo aéreo en detrimento de las raíces. Por el contrario, si hay déficit de N, los glúcidos tienden a acumularse y su carencia produce un crecimiento mucho más lento. El N debe ir acompañado en iguales proporciones de otros elementos más el carbono para un equilibrio en la nutrición en general. Otros efectos de la carencia de nitrógeno son:

- Hojas amarillas empezando por la parte baja de la planta. La clorosis empieza en las puntas y va aclarándose hacia el centro de la hoja.
- Las plantas tienen menos defensas contra plagas, enfermedades y granizadas.
- La floración y producción de semillas queda seriamente mermada.
- La carencia avanza de abajo hacia arriba, afectando en último lugar a las hojas más jóvenes.

Mollehuanca (2019) señala que el potasio (K) hace más resistente la cutícula de las células exteriores de las hojas a la penetración de esporas patógenas. También provoca que las paredes de los vasos conductores sean más espesas, con un diámetro menor. Las plantas se han recibido fuertes abonados potásicos gastan menos agua para su ETV lo cual es importante en suelos y climas secos. Ya que las raíces han de alimentarse con los glúcidos que viene de las hojas, un abonado potásico abundante, estimula el desarrollo radicular. Al contrario, su carencia provoca:

- Clorosis, amarillamiento y quemaduras marginales en las hojas medias y bajas de la planta.

- Crecimiento lento o retrasado, como el potasio es un catalizador importante de crecimiento en las plantas, las plantas deficientes en potasio tendrán un retraso en el crecimiento.
- Poca tolerancia a los cambios de temperatura y a estrés hídrico, la deficiencia de potasio se traduce en menos agua que circula en la planta. Como resultado, la planta será más susceptible al estrés hídrico y a cambios de temperatura.
- Defoliación, perdiendo sus hojas antes de lo que deberían. Este proceso es incluso más rápido si la planta está expuesta a un estrés hídrico o a temperaturas altas. Las hojas se vuelven amarillas marrones, y finalmente se caen una a una.

Respecto al fósforo Mollehuanca (2019) señala que este acelera la maduración, contrarrestando el efecto unilateral de un exceso de nitrógeno y estimula el desarrollo radicular. En cambio, en ausencia del fósforo los efectos más acentuados son:

- La reducción en el crecimiento de la hoja, así como en el número de hojas.
- El crecimiento de la parte superior es más afectado que el crecimiento de la raíz. Sin embargo, el crecimiento de la raíz también se reduce marcadamente, produciendo menor masa radicular para explorar el suelo por agua y nutrientes.
- Deprime los procesos de utilización de carbohidratos, aun cuando continua la producción de estos compuestos por medio de la fotosíntesis. Esto resulta en una acumulación de carbohidratos y el desarrollo de un color verde oscuro en las hojas.

3.1.9. Contenido nutricional de la lechuga

Martínez y Valeriano (2022) señalan que la lechuga es importante por ser rico en vitaminas y minerales. También es útil como indicadora en los ensayos, permitiendo obtener resultados inmediatos a la aplicación de muchos insumos agrícolas.

La contribución de la lechuga a la dieta humana se debe al aporte de minerales, compuestos antioxidantes (fenoles, vitaminas, carotenos y clorofila), fibra y agua. El

contenido nutricional varía con el grado de color y la posición de la hoja en la cabeza (hojas externas e internas), las hojas externas son más ricas en nutrientes que las internas (Hohl et al, 2001).

Valdés (2015) describe que la lechuga contiene flavonoides, fundamentalmente quercetina, seguida de kaempferol y cantidades inferiores de miricetina, luteolina y apigenina. Estos compuestos tienen actividad antioxidante, antitrombótica y anticarcinogénica También aporta pequeñas cantidades de bsitosterol, stigmasterol y campesterol, fitoesteroles que participan en importantes funciones biológicas tales como la reducción de los niveles séricos de colesterol, protección frente a algunos tipos de cáncer, etc.

Morales (2005) citado por Calle (2018) define que la lechuga es una de las verduras de hoja verde que más consumimos, especialmente en ensaladas por tener un sabor suave y a la vez refrescante. La siguiente tabla 1, muestra las propiedades nutricionales de la lechuga:

Tabla 1

Propiedades nutricionales de la lechuga

Composición	Valor
Energía	26 Kcal
Proteínas	1,5 g
Humedad	92,8 g
Grasa	0,19 g
Calcio	42,6 mg
Fosforo	25,6 mg
Hierro	1,62 mg
Vitamina A	86,4 mg
Ceniza	1,0 g
Tiamina	0,06 mg
Vitamina C	10 mg

Fuente: Morales (2005) citado por Calle (2018).

3.2. Variedades de lechuga

Según Intipampa (2014) las lechugas están adaptadas a condiciones específicas de temperaturas y humedades relativas medias, estos cambios, podrían causar efectos negativos en la producción. Por esta razón una de las tendencias de la producción agrícola en general es la aclimatación o adaptación de nuevas variedades a climas más cálidos o que se consideran no aptos para el cultivo de la lechuga, como las variedades que se muestran a continuación:

3.2.1. Variedad Waldman's Green

Guasch (s.f.) señala que es una variedad de hojas abiertas de tamaño mediano, su color es verde oscuro, las hojas son onduladas de tipo escaroladas y sus semillas son de color negro. Su época de siembra es en otoño, invierno y primavera, su temperatura de germinación óptima es de 15 °C. El marco de plantación recomendada va desde los 15 a 30 cm. Por cada gramo de semillas se tienen aproximadamente 800 semillas.

Por su parte Rodeo Semillas (s.f.) indica que esta variedad es rústica e ideal para zonas con bajas temperaturas, teniendo tolerancia a la floración precoz y al Tip Burn. Es de color verde oscuro. Su densidad de siembra es de 1 kg/ha obtenido en la cosecha cabezas de 400 g. Su ciclo medio de producción es de 60 a 70 días.

3.2.2. Variedad Romana

Saavedra (2017), menciona a la *Lactuca sativa* L. var. *longifolia* (Lam.) Janchen como lechugas que se aprovechan por sus hojas y no forman verdaderos cogollos. Son las correspondientes a las lechugas llamadas Romanas o Cos, que deben su nombre a la isla de Kos en el Mediterráneo oriental cerca de Turquía, conocidas en Chile específicamente como Costinas o Conconinas. La planta desarrolla hojas grandes, erguidas, oblongas y obovadas, de 20 a 30 cm de largo y 6 a 10 cm de ancho, con nervadura prominente, superficie ligeramente ondulada y borde irregularmente denticulado. El tallo se presenta de mayor longitud que en otras variedades y

permanece protegido por el conjunto de hojas, las que forman una cabeza cónica o cilíndrica por su disposición erecta, pudiendo alcanzar un gran peso, de hasta 2 kg.

Sus hojas son alargadas, con bordes enteros y nervio central ancho. Estas forman un cogollo ligeramente apretado. El color característico de las hojas es verde oscuro, aunque existen variedades de color rojo oscuro (Flórez, 1996 citado por Martínez, 2019).

3.3. Municipio de Callapa

Según ECOLOGY-SOS (2006) el municipio de Santiago de Callapa cuenta con 61 zonas, las cuales tienen una estructura orgánica, que les permite ser reconocidas como organización territorial de base. Estas zonas están distribuidas en once sub centrales, a la vez estas equivalen a una asociación comunitaria. En la producción pecuaria el ganado ovino es el que se encuentra más difundido y con mayor número de cabezas seguido del bovino, camélido, porcino y aves de corral en menor escala. Todas las especies de animales criadas en el municipio son criollas y no existe ningún grado de mejoramiento genético. La cantidad de camélidos se reduce a la tenencia de muy pocas familias ubicadas en especial al norte del municipio. La producción pecuaria es tradicional, debido a la deficiente capacitación y asesoramiento técnico en desmedro de la producción. El pastoreo es libre y el suplemento forrajero como la cebada es en especial para los bovinos y en casos de emergencia para ovinos y camélidos.

Muchos productores crían ganado como complemento de la actividad agrícola, criando dos toros que ayudan en el arado del suelo y la siembra; y algunas vacas para la producción de leche, queso que a los 5 a 6 años de edad estos son vendidos o faenados para carne. La cantidad de ganado bovino y ovinos en la comunidad es un símbolo de status dentro de la comunidad. Síntesis de la problemática Municipal son:

- Manejo inapropiado de los recursos naturales y poca existencia de recursos hídricos superficiales.
- Avance de la salinización de suelos.
- Débil aparato productivo.

- Pocas alternativas de producción no son explotadas racionalmente.
- Producción agrícola y pecuaria en su 80 a 90 % para autoconsumo.
- Insuficiente infraestructura de apoyo a la producción (falta de sistema de riego, caminos vecinales, energía eléctrica).
- Falta de asistencia técnica (fomento a la producción, investigación y capacitación, créditos y otros).

La baja producción no permite generar excedentes para su comercialización, lo que a su vez constituye una barrera para poder diversificar y aprovechar los subproductos con tasas de rentabilidad. El desconocimiento y manejo inapropiado de los recursos naturales implica el inicio de una degradación y desertificación de estos recursos, los mismos sumados a factores físico-naturales ocasionan problemas aún mayores e irreversibles. Los efectos se dejan sentir en la disminución continua la de producción y productividad agrícola y pecuaria.

3.3.1. Producción agropecuaria en Callapa

En la zona de Callapa los principales cultivos según su importancia son: papa, cebada y quinua; y en menor proporción: cañahua, papalisa y oca, siendo la cosecha mayormente para autoconsumo. En general la tecnología empleada en sus actividades agrícolas es netamente tradicional y el uso de tecnología mecanizada como el tractor agrícola, es usado en pequeña escala y en especial para el roturado del suelo. La selección del terreno a sembrar es según la rotación de parcelas establecidas, según el tiempo que ha descansado el suelo y así garantizar los nutrientes (ECOLOGY-SOS, 2006).

La preparación de los suelos conocido como “Kolly” se realiza en los meses de enero a julio, mientras el roturado Alaq’acha se efectúa de julio a noviembre y la siembra o Sata se lo realiza de septiembre a diciembre. Finalmente se hace descansar la tierra durante unos dos a tres años, en otras subcentrales se hace descansar más años en función a la tenencia de tierra. El ecosistema del lugar se caracteriza por ser frígido y por tanto las plagas y enfermedades son mínimas, siendo la más importante el gusano de ticona que ataca al cultivo de papa, seguido del gusano de blanco o lawa lacku.

3.4. Agricultura orgánica

Ortiz (s.f.) menciona que una buena definición de agricultura orgánica debe considerar por lo menos los siguientes aspectos:

- Tener un sistema orientado a la producción de frutos orgánicos de alta calidad nutritiva.
- Que el cultivo interactúe con los ciclos naturales de todo organismo vivo de una forma constructiva y que promueva la vida.
- Que respete los ciclos biológicos, los estudie y comprenda.
- Que promueva el mejoramiento de la fertilidad del suelo promoviendo la remineralización de los campos de cultivo, su desintoxicación y el incremento de la microflora y microfauna en donde habita y cuide la calidad y uso del agua.
- Que el control de hierbas, plagas y enfermedades sea sin el uso de insumos de síntesis químico industrial.

El término agricultura orgánica describe sistemas alternativos de producción agrícola, y es considerado sinónimo de agricultura biológica, ecológica, o alternativa, aunque los cuatro términos enfatizan aspectos diferentes. El término "agricultura orgánica", para algunos, está relacionado con la utilización de estiércol animal y otros insumas naturales, lo que implícitamente deja fuera la utilización de fertilizantes y plaguicidas sintéticos o químicos (Céspedes, 2005).

3.5. Abonos Orgánicos

El uso de abonos orgánicos en el cultivo de la lechuga en cantidades suficientes permite el incrementar el rendimiento, debido a que poseen diversas sustancias nutritivas, minerales y microorganismos que presentan una influencia favorable para el suelo, teniendo la facultad de mejorar sus características físicas, químicas y favorecer una mayor actividad biológica del suelo (Cristobal y Tucto, 2020).

Martínez y Valeriano (2022) señala que las fuentes orgánicas para el abonamiento son un recurso al alcance del agricultor por su utilidad y bajo costo, su

uso se remonta a tiempos inmemoriales, porque mejoran la estructura del suelo y por lo mismo retiene la humedad y garantiza una buena producción. Existen muchas fuentes de abonos orgánicos que se emplean en la agricultura, pero necesarios investigar su potencial, viabilidad y sostenibilidad en diferentes cultivos para. Wester y Edilberto (2019) señalan que la tendencia de la agricultura está orientada a la producción ecológica y orgánica, ya que la aplicación de productos químicos causa efectos negativos sobre la salud de los consumidores.

Según Quispe (2022) existen varios tipos de abonos orgánicos, los cuales se diferencian por su forma de preparación, materiales empleados, tiempo de elaboración y forma de aplicación. El mismo citando a Guzman & Alonso (2020) clasifica a los abonos como abonos sólidos: compost, humus de lombriz o lombricompost, bokashi; y abonos líquidos: de producción aeróbica (purín), de producción anaeróbica (biol).

Tineo et al. (2004) citados por Guerra (2021) señalan que los abonos orgánicos se caracterizan por su alto contenido de materia orgánica, acompañada de una activa biótica población microbiana que paulatinamente la va desintegrando para mejor absorción; también en pequeña proporción lleva consigo los macronutrientes como N, P, K, así como diversos activadores de crecimiento, fitohormonas y micro elementos.

3.5.1. Compost

Compostadociencia (2015), define como un proceso bio oxidativo controlado, que se desarrolla sobre sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, debido a la actividad secuencial de una gran diversidad de microorganismos.

Estrada (2010) citado por Cristobal y Tucto (2020) señala que la palabra compost significa compuesto, este abono es el resultado del proceso de descomposición y fermentación de diferentes clases de materiales orgánicos (restos de cosechas, excrementos de animales y otros residuos), realizados por microorganismos y macroorganismos en presencia de aire (oxígeno y otros gases). Este tipo de abono requiere de mucha mano de obra para su elaboración, sobre todo porque hay que voltear múltiples veces durante todo el proceso, que dura en clima frío aproximadamente de 3,5 a 4 meses. El compost funciona con mayor lentitud que los

fertilizantes sintéticos, pues su aplicación es de poco a poco, pero su efecto es más perdurable. Además, pueden aplicarse más seguido sin perjudicar a los organismos del suelo y el ambiente.

Chilón (2013), señala que el compost es un abono orgánico pre– humificado, que resulta de la descomposición y transformación biológica aeróbica de residuos orgánicos de origen vegetal (restos y rastrojos de cosechas y malezas) y origen animal (estiércol fresco y/o almacenado), bajo condiciones controladas y de manejo apropiado, sobre todo en humedad adecuada y volteos frecuentes para facilitar el trabajo de las bacterias aeróbicas y los actinomicetos en la descomposición. El producto final es un compost rico en nutrientes, asimilables en forma paulatina por las plantas, lo que garantiza buenas cosechas, además alimentar continuamente la vida del suelo.

Tabla 2

Composición química del compost

Nutrientes	Composición (%)
Fósforo	0,36
Potasio	1,7
Carbono	14 – 30
Magnesio	0,28
Nitrógeno	0,92
Calcio	2,20
Hierro	0,32
Materia orgánica	15,46
Manganeso	0,029

Fuente: Mollinedo (2009) citado por Ponciano (2021).

Soliva (2001) citado por Ochoa (2012), da a conocer algunas de las propiedades físicas:

- **Humedad:** Se expresa como contenido de agua por peso seco. Oscila entre los 35- 45%.
- **Densidad aparente:** Suele ser de 400- 700 kg/m³.
- **Granulometría y Porosidad:** El tamaño de las partículas tiene que ser mayor 2,5 mm sobre el 90% del producto.
- **Olor:** Está relacionado con otros parámetros.
- **Color:** El color tiene que ser entre color marrón oscuro, casi negro. Depende del material original.
- **pH:** el pH desciende inicialmente por la formación de ácidos orgánicos y a medida que avanza sube para estabilizarse en valores de 6,5 a 8,5.

3.5.1.1. Aplicación y dosificación de compost

García y Félix (2014), indican que al inicio se recomienda incorporar 3 tn/ha, dos meses antes de sembrar; al incorporarse materia orgánica al suelo, además de nutrimentos se introducen microorganismos que se encargan de descomponer la 19 materia orgánica y dejar listos los nutrimentos para que la planta los absorba por la raíz; sin embargo, la degradación lleva su tiempo, por lo que al año siguiente no se necesitará incorporar 3 tn/ha, sino 2.5 ton, y al tercer año se incorporan solo 2 ton, y así sucesivamente hasta que solo se necesite incorporar 1 ton/ha al año para mantener los ciclos de degradación y síntesis del suelo, es decir tiene un efecto residual en el suelo.

Se aplica al voleo o en forma localizada dependiendo del cultivo. Por lo menos debemos abonar el suelo con compost una vez por año, pero si tenemos cantidades pequeñas conviene aplicarlas varias veces al año. Es recomendable que la cantidad aplicada no sea menor de 6 tn/ha. Las cantidades también dependen de los cultivos que tenemos. Sin embargo, los cultivos hortícolas se recomienda aplicar 2 kg por metro cuadrado o 1 kg cuando la aplicación se efectúa en el surco (Sánchez, 2011).

3.5.1.2. Efecto sobre las propiedades biológicas

Bernal et al. (2009) citados por Martínez y Valeriano (2022) indican que la aplicación de compost aumenta la actividad biológica del suelo, ya que sirve de soporte

y alimento de los microorganismos que viven en el suelo, contribuyendo así a la mineralización.

La supresión en los compost depende del microbioma del compost y están asociados con diferentes mecanismos, la competencia, la antibiosis, el hiperparasitismo y la inducción de resistencia sistémica en la planta huésped. Se ha demostrado que el compost con aditivos tiene más beneficios en los cultivos que el compost sin aditivos (Hernández y Pascual, 2020).

La materia orgánica del suelo actúa como fuente de energía y nutrición para los microorganismos presentes en el suelo. Estos viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. Una población microbiana activa es índice de fertilidad de un suelo (Rivera, 2014).

3.5.1.3. Efecto sobre las propiedades físicas

Gross (1986) citado por Guerra (2021) señala que la adición de materia orgánica al suelo origina una ligera cohesión en los suelos arenosos, por la acción de los coloides húmicos, los que actúan como un aglutinante en ausencia de coloides arcillosos, otorgando al suelo una buena capacidad de agregación. En los suelos compactados otorga una mayor macroporosidad, debido por la fijación del humus en la arcilla a través de iones de calcio, donde hay un aumento de porosidad y de estabilidad estructural. La incorporación de materia orgánica favorece a la porosidad, principalmente macroporos. La capacidad de almacenamiento de agua también se ve afectada por la adición de materia orgánica moderadamente fresca, al agregarla las partículas orgánicas especialmente al humedecerse obstruyen los poros de los suelos arenosos, aumentando su capacidad retentiva.

Según la FAO (2013), el compost se puede aplicar semimaduro o ya maduro. El compost semimaduro tiene una elevada actividad biológica y el porcentaje de nutrientes fácilmente asimilables por las plantas es mayor que en el compost maduro. Por otro lado, al tener un pH no estable aún (tendiendo a la acidez), puede afectar negativamente a la germinación, por lo que este compost no se usa para germinar semillas, ni en plantas delicadas.

La materia orgánica contribuye favorablemente a mejorar la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, disminuye la erosividad del suelo y contribuye a aumentar la capacidad de retención hídrica del mismo mediante la formación de agregados (Rivera, 2014).

3.5.1.4. Efecto sobre las propiedades químicas

Según Porta (2003) citado por Guerra (2021) respecto al pH, toda materia orgánica al ser incorporada al suelo sufre un proceso de descomposición, formando ácidos orgánicos con una alta cantidad de radical carboxilo, esto va a permitir liberar iones H^+ , por lo que tienden a acidificar el medio, bajando el pH del suelo, incrementando el poder tampón. Así mismo, la materia orgánica del suelo al transformarse en humus aumenta la capacidad de intercambio catiónico; y junto con la arcilla constituye la parte activa del complejo absorbente y regulador de la nutrición de la planta, incrementando la fertilidad potencial del suelo; reduciendo también la pérdida por lixiviación de los macronutrientes y micronutrientes.

La materia orgánica aporta macronutrientes: N, P, K y micronutrientes, y mejora la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Esta propiedad consiste en absorber los nutrientes catiónicos del suelo, poniéndolos a largo plazo a disposición de las plantas, evitándose de esta forma la lixiviación. Por otra parte, los compuestos húmicos presentes en la materia orgánica forman complejos estables y el suelo puede almacenar más humedad (Rivera, 2014).

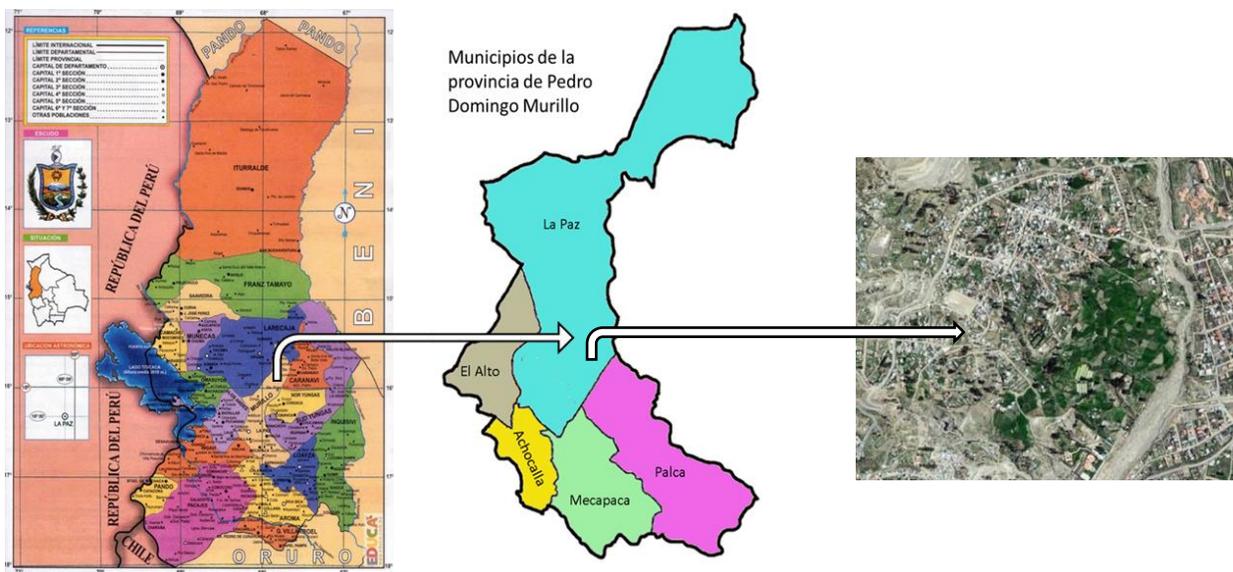
4. LOCALIZACIÓN

4.1. Ubicación geográfica

La investigación se realizó en un invernadero ubicado en la zona de Callapa, Provincia Murillo del departamento de La Paz. Geográficamente está situado a $16^{\circ}30'15''$ de latitud sur y $68^{\circ}5'35''$ de longitud oeste a una altitud de 3.332 m s. n. m.

Figura 1

Ubicación del área de estudio en Callapa, Provincia Murillo



Fuente: Atlas de Bolivia (2019) y Google Heart (2022).

4.2. Características edafoclimáticas

El clima es templado presenta una temperatura máxima de 26°C en verano y 13°C en invierno; la temperatura mínima en verano es de 8°C y en invierno llega a los 5°C . La precipitación anual es de 600 a 800 mm con una humedad relativa de 60,8% (Mamani, 2010 citado por Mendoza, 2019).

Su clima de la zona corresponde a una zona microtermal semifría a fría, con una humedad deficiente a seca en invierno, y en primavera semiseca a seca. La temperatura promedio es de $7,6^{\circ}\text{C}$ anual, la máxima se registra en el mes de diciembre

con 10,7 °C y la mínima en el mes de julio con 2,6 °C. La precipitación pluvial se concentra en los meses de: diciembre, enero, febrero y marzo, el resto de los meses presenta una precipitación poco significativa, su precipitación pluvial alcanza un promedio anual de 403,3 mm. Se ha establecido que durante seis meses del año (abril a septiembre), la frecuencia de heladas sobrepasa los 15 días por mes, los demás meses presentan al menos un día de helada (ECOLOGY-SOS, 2006).

4.3. Topografía y vegetación

Los suelos de la zona son de origen aluvial reciente con deposiciones finas, presenta una profundidad efectiva de 25 a 32 cm. Considerado muy delgado de formación aluvial, con bastante facilidad de laboreo y que responde adecuadamente a la incorporación del material orgánico e inorgánico (Paredes, 2018).

La zona presenta colinas, suelos muy superficiales, de textura franco-arcillosa con arenisca y poca materia orgánica, existen planicies aptas para la producción agrícola, la ganadería y lechería. Existen praderas nativas, con vegetación montañosa, extendidas y ubicadas en las regiones cercanas al río Callapa. Entre las especies predominantes tenemos al kikuyo, malva, altamisa, chilca, retama y eucalipto. En verano el suelo es muy húmedo y en invierno el suelo es muy seco (ECOLOGY-SOS, 2006).

La vegetación arbórea está comprendida por árboles como ser eucaliptos (*Eucalyptus globulus*), pinos (*Pinus sylvestris*), ciprés (*Cupressus sempervirens*). Arbustos: acacia (*Acacia melanoxylon*), retama (*Retama sphaerocarpa*) y chilca (*Baccharis latifolia*), entre otros. La producción agrícola se realiza a campo abierto mediante la rotación de cultivos y comprende: papa, haba, arveja, cebolla, betarraga entre otros. En ambiente protegido (invernaderos) la producción es hortofrutícola: frutilla, pepinillo, tomate, lechuga y otros (ECOLOGY-SOS, 2006).

5. MATERIALES Y METODOLOGÍA

5.1. Materiales

5.1.1. Material vegetal

En el presente trabajo de investigación se empleó como material vegetal de dos variedades de lechuga (Waldman's Green y Romana).

5.1.2. Material orgánico

Se utilizó 22 kg de compost del área de fertilidad y nutrición de suelos, proveniente del Centro Experimental Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía - UMSA.

5.1.3. Material de campo

Las herramientas que se utilizaron fueron:

- Rastrillo.
- Pala.
- Picota.
- Chontilla.
- Carretilla.
- 16 estacas de madera.
- 1 pita de lana.
- Flexómetro.
- Regla.
- Vernier.
- Marbetes.
- Balanza electrónica de 5 kg.
- Balanza electrónica de 100 kg.

5.1.4. Material de gabinete

Para el trabajo de gabinete se utilizaron los siguientes materiales:

- Libreta de apunte.
- 2 paquetes de hojas.
- Cartilla de evaluación.
- Cámara fotográfica.
- Equipo de computación.
- Impresora.

5.2. Metodología

5.2.1. Selección del área de investigación

El estudio se desarrolló en zona de Callapa, donde se facilitó un área total de 23 m², para el cultivo se destinó 11.5 m², disponiendo el restante para pasillos y áreas de acceso y descanso. Se eligió un invernadero con actividad agrícola, de superficie plana, condiciones homogéneas de acceso a riego, donde anteriormente se cultivó gladiolo.

5.2.2. Preparación del terreno

Se realizó la preparación del suelo, logrando una capa arable removida, nivelada y mullida, resaltar que esta actividad se realizó a finales del mes de abril, antes del trasplante y paralelo al almacigado de las semillas de ambas variedades de lechuga.

5.2.3. Obtención de compost

El compost, se obtuvo de la cosecha del área de Fertilidad y Nutrición de Suelos del Centro Experimental Cota Cota perteneciente a la Facultad de Agronomía - UMSA, del municipio de La Paz, producto del reciclaje del acopio de material vegetal y animal, que se genera en dicho Centro Experimental. Entre los residuos usados están: restos de cosecha de hortalizas, malezas de labores culturales realizadas en todas las áreas de producción del Centro Experimental, gallinaza del área de Zootecnia y estiércol de caballo de la carrera de psicología, dentro del Campus Universitario de la UMSA.

5.2.4. Delimitación del área experimental

Antes de la siembra, se delimitó el área total de 23 m². Se procedió a medir la superficie del suelo con una cinta métrica, delimitando 4 repeticiones de 1.2 m x 1.2 m, dejando 0.8 m de pasillo entre las repeticiones, posteriormente los tratamientos (unidades experimentales) fueron delimitados dentro de los mismos, diferenciadas con estacas en cada punto.

5.2.5. Almacigo de lechuga

Las semillas de lechuga (variedades Romana y Waldman's Green), fueron obtenidas en la provincia Murillo del departamento de La Paz, de la "Semillería Moran", en la Zona de la Rodríguez.

El almacigo se efectuó en un ambiente atemperado en una caja, con una dimensión de (1.0 m x 0.5 m x 0.1 m), obteniendo un área de 0.50 m². Posteriormente se preparó el sustrato en una relación de 2:1:1 tierra de lugar, arena y turba negra respectivamente, además de la desinfección del sustrato con ayuda del soplete de calor.

La siembra se realizó en hileras con una profundidad de 5 mm, una cantidad de 2 g, cubriendo la semilla con un poco de sustrato, después de realizar la siembra se efectuó el riego muy suave sobre el sustrato, se cubrió el almacigo con nylon negro para mantener la humedad y oscuridad durante tres días.

El riego se realizó todos los días; durante los primeros 7 días con agua potable, posteriormente se regó con agua procedente de los estanques acuícolas, con una frecuencia de dos veces al día hasta su trasplante.

5.2.6. Aplicación de compost

Se procedió a la fertilización orgánica con compost con sus respectivas dosis: 0, 1.5, 2.5 y 3.5 kg/m², junto con el trasplante de las dos variedades de lechuga: Wladman's Green y Romana. La distribución del compost y la variedad se puede observar en la Tabla 4 del croquis del experimento.

5.2.7. Trasplante de lechuga

El trasplante del cultivo de lechuga se realizó en el mes de julio cuando las plántulas presentaron cuatro hojas verdaderas y una altura promedio de 4 – 5 cm, despegándola de la bandeja cuidadosamente, para no causar daño en la raíz y plantarlas en el sitio definitivo, dentro del área de investigación. Las distancias fueron de 20 cm entre hileras y 30 cm entre plantas, distribuidas en cada unidad experimental.

5.2.8. Riego

Se tuvo disponibilidad de servicio de agua potable por lo que se estableció el método de riego por surco. El riego fue distribuido de manera uniforme por toda el área de investigación, con una frecuencia entre 4 y 5 días empleando 3 horas por la mañana.

5.2.9. Control de malezas y aporque

En lo que se refiere al control de malezas, fueron presentándose durante las primeras etapas fisiológicas del cultivo, las cuales fueron controladas manualmente mediante deshierbes, para evitar la proliferación de enfermedades y/o competencia.

Los deshierbes realizados fueron a los 25 y 40 días después del trasplante, simultáneamente con el segundo deshierbe, se efectuó un aporque con el fin de oxigenar el suelo y formar surcos para conducir el agua de riego.

5.2.10. Control fitosanitario

El control fitosanitario, se efectuó cada semana de la investigación mediante una revisión periódica de las hojas de cada unidad experimental.

Se detectó la presencia de pulgones al finalizar el ciclo agrícola del cultivo de la lechuga, por lo que se realizó el control de estos de forma manual y posteriormente antes de realizar la evaluación de las variables de estudio se dio un pequeño lavado de cada cabeza de lechuga.

5.2.11. Cosecha

La cosecha de la lechuga se realizó en forma manual cuando las plantas alcanzaron la madurez comercial a los 60 días después del trasplante. Para tal efecto se cortó la planta al ras del cuello y se eliminaron las hojas amarillas y marchitadas.

Luego de la evaluación respectiva de las unidades experimentales estas fueron pesadas, seleccionadas, embolsados y comercializadas.

5.3. Diseño experimental

La investigación empleó un arreglo bifactorial con un diseño completamente al azar (DCA), con 8 tratamientos y 4 repeticiones generando 32 unidades experimentales.

5.3.1. Modelo estadístico

El modelo estadístico lineal utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

$i = 1$ a 4 dosis de compost.

$j = 1$ a 2 variedad.

$k = 1$ a n repetición (planta de lechuga).

Y_{ijk} = Valor observado en la k -ésima planta de lechuga de la j -ésima variedad aplicada con la i -ésima dosis de compost.

μ = Media general.

α_i = Efecto fijo del i -ésima dosis de compost.

β_j = Efecto fijo del j -ésima variedad.

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la i -ésima dosis de compost con la j -ésima variedad de lechuga.

ϵ_{ijk} = Efecto aleatorio del error experimental observado en la k-ésima planta de lechuga de la j-ésima variedad aplicada con la i-ésima dosis de compost.

5.3.2. Factor de estudio

En la siguiente Tabla 3 se observa la descripción de los factores principales de estudio, dosis de abonamiento: 0, 1.5, 2.5 y 3.5 kg/m² que fueron designados como A1, A2, A3 y A4 respectivamente; y variedades de lechuga: Waldman's Green y Romana designados como B1 y B2, sus diferentes combinaciones y asignación de nombre de tratamiento con los que se conoció en el resto de la investigación.

Tabla 3

Descripción de los factores de estudio principales

Dosis	Variedades	Combinaciones	Asignación
A1	B1	A1B1 = 0 kg/m ² de compost en la variedad Waldman-'s Green.	T1
	B2	A1B2 = 0 kg/m ² de compost en la variedad Romana.	T2
A2	B1	A2B1 = 1.5 kg/m ² de compost en la variedad Waldman's Green.	T3
	B2	A2B2 = 1.5 kg/m ² de compost en la variedad Romana.	T4
A3	B1	A3B1 = 2.5 kg/m ² de compost en la variedad Waldman's Green.	T5
	B2	A3B2 = 2.5 kg/m ² de compost en la variedad Romana.	T6
A4	B1	A4B1 = 3.5 kg/m ² de compost en la variedad Waldman's Green.	T7
	B2	A4B2 = 3.5 kg/m ² de compost en la variedad Romana.	T8

5.3.3. Croquis del experimento

En la siguiente Tabla 4, se puede observar la distribución de los tratamientos en las parcelas experimentales dentro del invernadero.

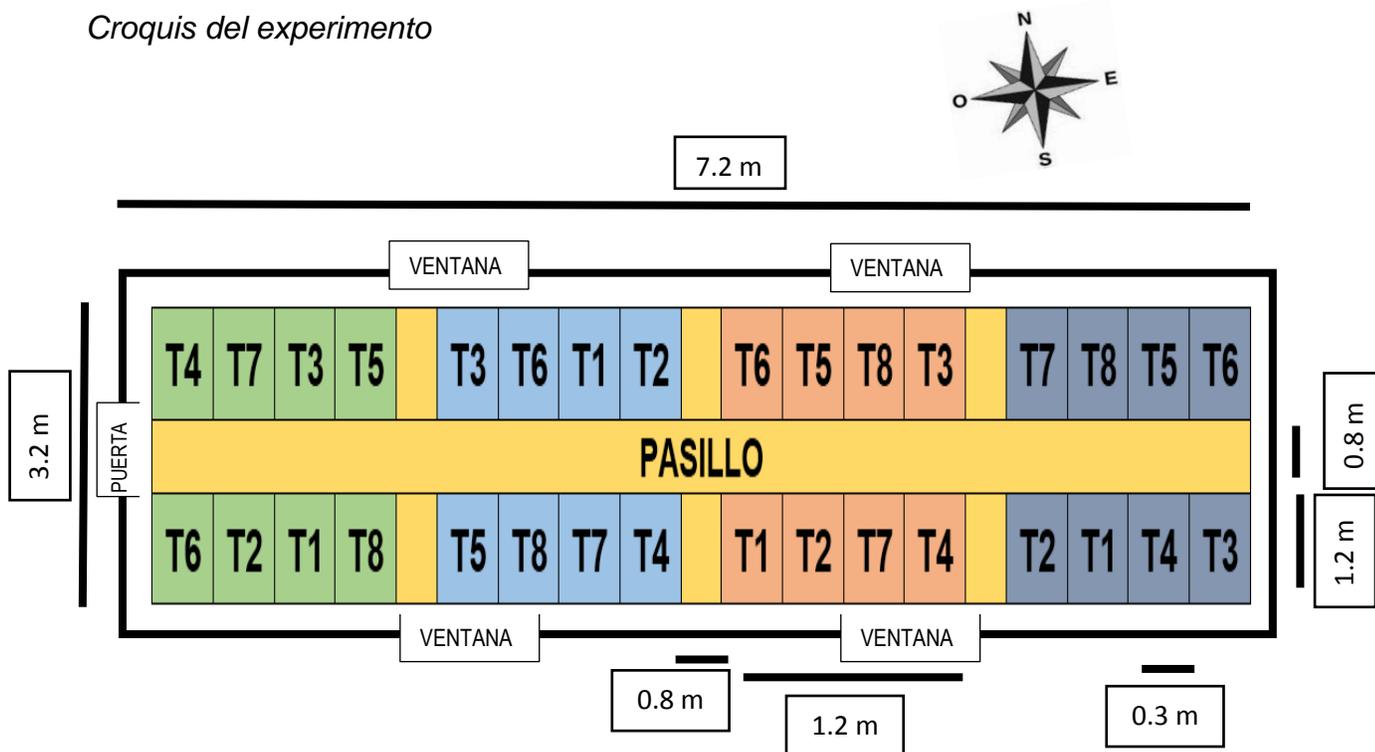
Tabla 4

Distribución de los tratamientos en el invernadero

REPETICIÓN I	T4 A2B2	T7 A4B1	T3 A2B1	T5 A3B1
	T6 A3B2	T2 A1B2	T1 A1B1	T8 A4B2
REPETICIÓN II	T3 A2B1	T6 A3B2	T1 A1B1	T2 A1B2
	T5 A3B1	T8 A4B2	T7 A4B1	T4 A2B2
REPETICIÓN III	T6 A3B2	T5 A3B1	T8 A4B2	T3 A2B1
	T1 A1B1	T2 A1B2	T7 A4B1	T4 A2B2
REPETICIÓN IV	T7 A4B1	T8 A4B2	T5 A3B1	T6 A3B2
	T2 A1B2	T1 A1B1	T4 A2B2	T3 A2B1

Figura 2:

Croquis del experimento



5.3.4. Características de la parcela experimental

a) Generales:

Área total del experimento: 23 m²

Área útil del experimento: 11.5 m²

Área de los pasillos: 11.5 m²

Número de tratamientos: 8

Número de repeticiones: 4

b) Repeticiones:

Área de la repetición: 11.5 m²

Número de repeticiones: 4

Largo del tratamiento: 1.2 m

Ancho del tratamiento: 1.2 m

Distancia entre las repeticiones: 0.8 m

c) Surcos:

Largo del surco: 1.2 m

Distancia entre surco: 0.30 m

Número total de surcos: 32

Número de surcos por repetición: 8

5.4. Variables de respuesta

5.4.1. Análisis de suelo y compost

Esta variable de respuesta fue analizada antes de realizar la siembra, para considerar los parámetros iniciales del suelo del lugar y las características compost adquirido.

5.4.2. Porcentaje de germinación

Esta variable de respuesta fue evaluada en la etapa de almacigo, observado las características genéticas de cada variedad, sin aplicación de ningún otro tratamiento.

5.4.3. Altura de planta

La altura de planta fue evaluada posterior a la cosecha, haciendo medición con una regla milimétrica desde el cuello de la planta hasta el ápice, esta evaluación se la hizo a cada unidad experimental, el resultado de las medidas se tabuló en centímetros (cm).

5.4.4. Número de hojas

Para la variable de respuesta número de hojas fue evaluado posterior a la cosecha haciendo el conteo de cada hoja a cada cogollo formado de cada unidad experimental.

5.4.5. Peso de la planta

El peso de la planta fue evaluado luego de la cosecha, la parte aérea de la planta (sin raíz) utilizando una balanza analítica de 5 kilogramos, esta evaluación se la hizo a cada unidad experimental, los resultados del pesaje se tabularon en gramos (g).

5.4.6. Diámetro de tallo

El diámetro del cuello de la planta fue evaluado post cosecha, utilizando un vernier, esta evaluación se la tomó tres muestras a cada unidad experimental, luego los datos fueron tabulados en centímetros (cm).

5.4.7. Rendimiento

Se calculó determinando la cantidad de plantas que se tiene por metro cuadrado, multiplicando por el peso promedio obtenido.

5.4.8. Análisis estadístico

Se realizó el análisis de la varianza al 5 % de significancia. Las variables que salieron significativas se les aplicó la prueba de Duncan igualmente al 5 % de significancia, para el análisis se utilizó el paquete estadístico InfoStat V. Libre 2017 en español. Para la elaboración de las figuras y la tabulación de los datos se usó el programa Microsoft Excel y Word 2016.

5.4.9. Análisis económico

Para este análisis económico se tomaron en cuenta los siguientes datos:

- Número y costo de jornales trabajados para las labores culturales.
- Costos del arado, surcado y carguío.
- Costos de los insumos (semilla y compost).

Se determinó los costos de producción y beneficios de la aplicación de compost con las dos variedades de lechuga para una hectárea, con estos datos se determinó las utilidades generadas con cada tratamiento mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Utilidad} = \text{Beneficio} - \text{Costo}$$

También se determinó la relación beneficio-costo para cada tratamiento mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Relación B/C} = \text{Beneficio} / \text{Costo}$$

Según Aguilera (2017), la razón beneficio costo (B/C) es un índice que se define como la relación entre los beneficios y los costos o egresos de un proyecto. Su cálculo se basa en la relación entre el valor actual de las entradas de efectivo futuras y el valor actual del desembolso original.

Murillo (2012), indica que la relación costo beneficio toma los ingresos y egresos actualizados al año cero (año en el cual se está formulando el proyecto), utilizando una tasa de descuento determinada, y posteriormente divide los ingresos sobre los egresos actualizados. Con ese procedimiento, la relación beneficio costo se interpreta como

“cuanto es el dinero que el proyecto recibirá por cada peso que se invierta en él”, utilizando los siguientes criterios para la toma de decisiones:

$B/C > 1$: Implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.

$B/C = 1$: Implica que los ingresos son iguales que los egresos, en este caso el proyecto es indiferente y probablemente no aconsejable pues no genera utilidades explícitas.

$B/C < 1$: Implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Características físicas y químicas del suelo

De acuerdo con los resultados obtenidos en el laboratorio de la facultad de Agronomía en suelos y aguas (LAFASA), de una muestra de 100 g se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 5

Análisis físico químico del suelo

Parámetros	Resultados	Unidades
Clase textural	Franco	
Densidad aparente	1.5	g/cc
pH	6.37	
Potasio intercambiable	0.87	meq/100 g S ⁰
Fosforo disponible	73.9	ppm
Nitrógeno total	0.23	%
Materia orgánica	4.86	%

Del análisis de suelo se tiene que es un suelo franco con densidad de 1.5 g/cc, siendo dentro del rango para el cultivo de lechuga, tal como menciona Valdez (2001), considera la adaptación de esta hortaliza a diferentes tipos de suelo es muy amplia, reportándose arenosos hasta arcillosos, contemplado también con los orgánicos.

Respecto del pH se obtuvo un valor de 6.37, siendo un valor óptimo para el desarrollo del cultivo. El cultivo se desarrolla mejor cuando el pH se encuentra en un rango de 6 a 6,8, valores de pH menores de 5,5 ocasionan un pobre desarrollo y valores por encima de 7,3 son el límite para el buen crecimiento (Jaramillo et al., 2016).

De los valores de potasio intercambiable de 0.87 meq/100 g S⁰ analizando con se obtuvo niveles altos de potasio sobrepasando parámetro de 248 ppm; por parte del fosforo con valor de 73.0 ppm analizando se obtuvo valores altos de fosforo al exceder

14 ppm como rango elevado; el nitrógeno con valor de 0.23 % siendo valor elevado de nitrógeno superando parámetro de 0.2%.

Careaga (2005), que la lechuga desarrolla en los suelos de la textura franco arcilloso. Que contiene mucha materia orgánica, los altos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio nos indican que se favorece a un buen crecimiento, buena fotosíntesis y desarrollo radicular.

Chilón (1997) citado por Berna (2021), afirma que el aporte de nitrógeno es importante para el desarrollo de la parte aérea, así como el fósforo proporciona vigor y fortaleza a la planta, también favorece a la síntesis de proteínas, carbohidratos y lípidos. Mismo autor cita a Cruz (2004) quien explica que los suelos preferidos por la lechuga son los suelos ligeros arenosos-arcillosos, con buen drenaje y materia orgánica. Al aplicar los abonos orgánicos mejora la estructura del suelo, que comprende su granulación, aumenta el espacio poroso y retiene mayor humedad, presenta pH de 6,98 moderadamente alcalina adecuado para el cultivo

6.2. Características químicas del compost

El compost obtenido del Centro Experimental Cota Cota se tomó una muestra de 100 g las cuales fueron llevadas al Laboratorio de la Facultad de Agronomía en Suelos y Aguas (LAFASA), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 6

Análisis químico del compost

Parámetro	Resultados	Unidades
Potasio	0.01	%
Nitrógeno total	1.06	%
Fósforo disponible	0.04	%

Chilón (1997) citado por Mamani (2023), menciona que el compost tiene las siguientes características: pH 7,4; (MO) 42%; nitrógeno 2,32 %; fósforo 1,92 % y

potasio 1,4 %, estos resultados de acuerdo a su cuadro “Características de abonos orgánicos”. Con los resultados obtenidos en laboratorio de la muestra de compost se tiene que todos los rangos son bajos siendo para potasio con 0.01 %, para nitrógeno total con 1.06 % y para fósforo disponible 0.04 %. Esto se debe a la calidad de materiales usados en el Centro Experimental de Cota Cota para la elaboración del compost.

Agromática (2012), afirma que, de todo el nitrógeno disponible en el suelo, la mayor parte lo aporta la materia orgánica en su mineralización. Por tanto, los mayores aportes los tenemos que hacer en forma nítrica, la forma de nitrógeno que más es absorbida por las plantas. La planta absorbe nitrógeno desde el momento de trasplante, teniendo una asimilación ascendente hasta la fase de recolección.

Eco celta (2012) citado por Guato (2015), coincide que el compost es el abono orgánico apto para el uso dentro de la agricultura agroecológica mediante la degradación de los materiales de origen animal y vegetal (fermentación) a través de bacterias, hongos y otros microorganismos; en el cual se transforma en abono y aporta nutrientes necesarios para su desarrollo y producción mejorando sus cualidades productivas de flores y frutos de los cultivos.

La norma mexicana referida a la calidad del compost menciona parámetros de pH 6.7 – 8.5, nitrógeno 1% - 3%, relación carbono nitrógeno 15 – 30, granulometría \leq 30 mm, fitotoxicidad (índice de germinación IG) \geq 80 %, conductividad eléctrica 0.5 – 12 dS/m, absorción de humedad de 75 – 200 % preferencial \geq 100%.

La norma chilena menciona de parámetros contenidos en el compost: el contenido de nitrógeno debe ser mayor o igual a 0.5 %, sin olores desagradables, humedad de entre 30 % a 45 %, conductividad eléctrica, para clase A menor a 3 dS/m para clase B menor o igual a 8 dS/m, relación carbono/nitrógeno C/N para clase A menor o igual a 25 para clase B menor o igual a 30, pH de 5.0 8.5, materia orgánica mayor o igual a 20%, tamaño de las partículas menor o igual a 16mm.

De estas normas podemos diferir que en Bolivia no se tienen parámetros para la calidad del compost, pero comparando con las normas extranjeras la calidad

boliviana no esta dentro de los rangos, siendo un compost deficiente y de mala calidad, referido a los nutrientes que son los parámetros que se analizó para la presente investigación. Por otro lado, en la venta de compost debe tener una tabla de contenido nutricional y las calidades físicas con las que se ésta vendiendo el producto por parte del Centro Experimental Cota Cota.

Como incentivo para el reciclaje en la zona de Callapa y para mejorar la estructura de los suelos e incrementar los nutrientes, debe capacitarse a las personas para que realicen una planta/espacio encargado que producción de compost, proceso del compostaje y buscar igualar a las calidades internacionales requeridas para la calidad de compost, realizando de esta manera una más efectiva fertilización orgánica de los suelos.

6.3. Porcentaje de germinación

Esta variable de respuesta no se vio afectada por la aplicación de ningún tratamiento, más si se la consideró por las diferencias genéticas que pudiesen tener las variedades estudiadas.

Tabla 7

Porcentaje de germinación

Variedad	Porcentaje de germinación
Waldman's Green	90 %
Romana	90 %

Se observa en la tabla que ambas variedades llegaron a un 90 % de germinación, pudiendo ser afectada por la calidad de las semillas, es decir obtener semillas de certificadas y de un lugar confiable.

Huterwal (1991), afirma que, sin colocarla en tierra, ni darle alimento alguno, la semilla germinara a poco que las condiciones de temperatura y humedad le sean favorables.

Así también MDRyT (2017), menciona que el uso de almácigos en bandejas permite un 100 % de germinación y prendimiento, mayor uniformidad, calidad y vigor de las plántulas.

Mamani (2006) citado por Calle (2018) afirma que la lechuga es una hortaliza de hoja típicamente de trasplante, cuya propagación se efectúa a través de semilleros o almácigos. En general estos son cultivos con semillas muy pequeñas que requieren una cama fina además de muchos cuidados, para su adecuada germinación son cultivos muy delicados que requieren una distribución y desarrollo uniformes para obtener de ellos mejores rendimientos.

Con semilla certificada se obtiene buenos rendimientos, pero debe asegurarse las condiciones de temperatura, humedad constante y un suelo suelto (para cuidar la calidad de las raíces) para que las plántulas sean fuertes y desarrollen en un tiempo apto.

Así mismo una fuente de luz para que no entallen y se desperdicie almacigo. La ventaja de los almácigos también es poder escoger las mejores plántulas para trasplante, para tener las mejores plantas para el desarrollo y asegurando que la cosecha de estas será mejor.

6.4. Altura de planta

Según el análisis de la varianza para la variable altura planta, existen diferencias altamente significativas entre los efectos de las dosis de compost. En cambio, no existen diferencias entre las variedades ni tampoco entre las interacciones de la variedad con dosis de compost sobre la altura planta, como se observa en la Tabla 8.

Tabla 8*Análisis de la varianza altura planta*

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Dosis de compost	342.63	3	114.21	54.82	<0.0001 **
Variedad	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999 NS
Variedad*Dosis	6.25	3	2.08	1.00	0.4098 NS
Error	50.00	24	2.08		
Total	398.88	31			
CV= 9.20 %			R ² = 0.87		

El coeficiente de variación de 9.20 % nos indica que existe poca dispersión de los datos alrededor de la media general y el r-cuadrado indica que el 87 % de los datos se ajustan al modelo estadístico utilizado, por lo que no se tendrían problemas con el modelo estadístico utilizado.

Tabla 9*Test Duncan efecto dosis de compost en altura planta*

Dosis de compost	Medias	Duncan
A 3 = 2.5 kg/m ²	18.88	A
A 4 = 3.5 kg/m ²	18.63	A
A 2 = 1.5 kg/m ²	14.25	B
A 1 = 0 kg/m ²	11.00	C

Del test de Duncan para la dosis de compost, la mayor altura de 18.88 cm se obtuvo con la aplicación de 2.5 kg/m² de compost, seguido de 18.63 cm con 3.5 kg/m² de compost, siendo ambos estadísticamente similares entre sí. En cambio, la menor altura de 11 cm se obtuvo con la aplicación de 0 kg/m² de compost, siendo estadísticamente diferente a las demás dosis en su efecto sobre la altura.

El efecto de las dosis mayores de compost sobre la altura planta coincide con lo obtenido por Ccoscco (2015) quien evaluó tres abonos orgánicos: compost, guano de isla y estiércol; a dos niveles de dosificación: alta y baja. Obteniendo los valores más altos de 64.38 cm de longitud de las plantas con las dosis más altas, no importando el tipo de abono orgánico. Así mismo, Martínez y Valeriano (2022) quienes, al comparar el compost con humus y guano de isla, obtuvieron las mayores alturas de 25.16 cm con el compost el cual fue aplicado en alta dosis de 17.23 Tn/Ha en comparación con lo aplicación de humus 11.2 Tn/Ha y guano de isla 3.2 Tn/Ha; y la misma dosis del presente ensayo.

Por su parte, Wester y Edilberto (2019) al igual que los anteriores casos, obtuvieron un resultado superior de 19.4 cm de altura planta, en comparación al resultado mayor de 18.8 cm obtenido en el presente ensayo. Esto lo logró con la mezcla de dos tipos de compost, en base a residuos orgánicos y estiércoles, a una dosificación de 170 Tn/Ha muy superior a la dosificación de 6 Tn/Ha del presente ensayo. Esta variación de la altura planta, se debe a que los efectos de los abonos dependen de su dosis aplicada como menciona Ganuza (2014).

Rodríguez (1984) citado por Condori (2009), indica que existen muchos factores indirectos, que pueden afectar el crecimiento de las plantas, así la compactación del terreno afecta la aireación y disponibilidad del agua, el pH del suelo influye en la cantidad de elementos nutritivos que están a disposición de la planta.

En la presente investigación se obtuvo los más altos valores para altura de planta con las dosis más elevadas de compost, esto es por los nutrientes que aportó al cultivo, así como otorgándole un suelo más poroso por lo que pudo desarrollar más.

6.5. Número de hojas

Según el análisis de la varianza para la variable número de hojas, existen diferencias altamente significativas entre los efectos de las dosis de compost sobre el número de hojas en las lechugas. En cambio, no existen diferencias en el número de hojas por efecto de la variedad de lechuga ni tampoco existe un efecto interactivo entre dosis de compost con variedad de lechuga, siendo que estos últimos dos factores no afectan a la variable de respuesta, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10

Análisis de la varianza número de hojas

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Dosis de compost	291.00	3	97.00	23.52	<0.0001 **
Variedad	1.13	1	1.13	0.27	0.6063 NS
Variedad*Dosis	10.38	3	3.46	0.84	0.4861 NS
Error	99.00	24	4.13		
Total	401.50	31			
CV = 14.13 %		R ² = 0.75			

El coeficiente de variación de 14.13 % nos indica que existe poca dispersión de los datos, es decir que se tiene alrededor de la media general de 14.37 ± 2.03 hojas y el r-cuadrado muestra que el 75 % de los datos se ajustan al modelo estadístico utilizado.

Tabla 11

Test Duncan efecto dosis de compost en el número de hojas

Dosis de compost	Medias	Duncan
A 4 = 3.5 kg/m ²	18.00	A
A 3 = 2.5 kg/m ²	17.00	A
A 2 = 1.5 kg/m ²	13.00	B
A 1 = 0 kg/m ²	10.00	C

Del test de Duncan para la dosis de compost, muestra que los mayores números de hojas de 18 y 17 se obtuvieron con las dosis más altas de compost A4 = 3.5 kg/m² y A3 = 3.5 kg/m² respectivamente, siendo estos similares estadísticamente. Por otro lado, el menor número de hojas de 10 se obtuvo con A1 = 0 kg/m², es decir el testigo en el cual no se aplicó ninguna cantidad de compost.

Gonzales (2013) obtuvo una menor cantidad de hojas de 15.47 con la aplicación de 0.5 kg/planta de compost en la lechuga White Boston. En cambio, Ponciano (2021), Cristobal y Tucto (2020) obtuvieron mayor cantidad de hojas con valores de 24.25 hojas y 29.82 hojas respectivamente, ambos en la variedad White Boston, con aplicaciones de 51 g/planta y 100 kg/m², siendo este último muy superior a la dosis utilizada en el estudio.

Orruel (2006), en su investigación de variedades de lechuga a diferentes densidades, para su variable de respuesta número de hojas obtuvo como su mejor promedio 22,6 hojas. Serrano (1979) citado por Orruel (2006), indican que la luz favorece a la fotosíntesis fenómeno responsable del aumento de la masa vegetal, actuando negativamente sobre el crecimiento en longitud de los tallos, favoreciendo en cambio al desarrollo de las hojas, ya que la falta de luz da lugar a un crecimiento desordenado de los tallos con alargamiento de los entrenudos.

Mamani (2023) en su investigación con compost a una dosis de 2.5 kg/m² con compost del Centro Experimental de Cota Cota llegó a un promedio de 25.53 hojas

para la lechuga variedad cabeza de mantequilla. El nitrógeno es el nutriente que más afecta al crecimiento y la producción de hojas, fácilmente asimilable, fundamentalmente en la formación de aminoácidos, proteínas enzimas, ácidos nucleicos, clorofila, alcaloides y bases nitrogenadas ideales para obtener un rápido crecimiento (Jaramillo et al., 2007).

Para esta investigación la mayor dosis de compost favoreció a número de hojas, otorgando mayor cantidad de nitrógeno a las plantas, y favoreciendo las propiedades físicas del suelo; por otro lado, el número de hojas promedio que se obtuvieron son aceptables por las variedades empleadas.

6.6. Diámetro de tallo

El análisis de la varianza del diámetro del cuello de las plantas de lechuga muestra que existen diferencias altamente significativas entre los efectos de las dosis de compost sobre el diámetro del cuello. Respecto a las variedades no existió diferencias en el diámetro del cuello de las lechugas. Por otra parte, si hubo un efecto significativo de la interacción dosis de compost con variedad de lechuga.

Tabla 12

Análisis de la varianza diámetro del cuello

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Dosis de compost	5.72	3	1.91	23.09	<0.0001**
Variedad	0.20	1	0.20	2.36	0.1372 NS
Variedad*Dosis	0.79	3	0.26	3.18	0.0421 *
Error	1.98	24	0.08		
Total	8.69	31			
CV = 10.61 %		R ² = 0.77			

El coeficiente de variación de 10.61 % nos indica que existe poca dispersión de los datos, por lo que los datos serían confiables y el r-cuadrado muestra que el 77 % de los datos se ajustan al modelo estadístico utilizado.

Tabla 13

Test Duncan efecto dosis de compost en diámetro cuello

Dosis de compost	Medias	Duncan
A 4 = 3.5 kg/m ²	3.29	A
A 3 = 2.5 kg/m ²	2.91	B
A 2 = 1.5 kg/m ²	2.45	C
A 1 = 0 kg/m ²	2.19	C

Según el test de Duncan para la dosis de compost y su efecto sobre el diámetro del cuello, el mayor diámetro de 3.29 cm se obtuvo con 3.5 kg/m² de compost, es decir la mayor dosis de compost, el cual es estadísticamente distinta a los demás. En cambio, los menores diámetros de cuello de 2.19 y 2.45 cm se obtuvieron con 0 kg/m² y 1.5 kg/m² de compost respectivamente, siendo similares estadísticamente entre sí y diferentes al efecto del resto de los tratamientos.

Este comportamiento del incremento del diámetro de cuello según el incremento de la dosis del compost, es similar a lo obtenido por Mundaca (2020) quien hizo ensayos con la aplicación de diferentes dosis de fertilizantes orgánicos granulados procedentes de algas y aminoácidos en la lechuga, obteniendo el mayor diámetro cuello de 1.44 cm con la mayor dosis de 110 kg/ha, seguido del diámetro cuello de 1.29 cm obtenido con la segunda mayor dosis de 80 kg/ha y el menor diámetro de 1.21 cm obtenido con la menor dosis de 50 kg/ha.

También García (2014) al aplicar diferentes dosis de gallinaza como abono orgánico obtuvo el mayor diámetro de cuello de 1.9 cm con la dosis de 20 TM/ha de gallinaza, seguido de 1.7 cm con 10 TM/ha. En cambio, con 40 y 30 TM/ha de

gallinaza se obtuvieron valores más bajos de 1.68 y 1.64 cm de diámetro en el cuello de la lechuga. Es decir que existe un punto a partir del cual un abono orgánico puede hacer que el cuello de la lechuga disminuya en su diámetro.

Al elevarse las dosis de compost se obtuvo mayores valores para diámetro de cuello, también se deben a las labores culturales como el aporque que favorece el engrosamiento del tallo, favoreciendo al desarrollo del cultivo.

Tabla 14

Test Duncan efecto dosis de compost y variedad en diámetro cuello

Tratamiento	Combinaciones	Medias	Duncan
T7	A4B1 = 3.5 kg/m ² de compost en la variedad Waldman's Green.	3.30	A
T8	A4B2 = 3.5 kg/m ² de compost en la variedad Romana.	3.28	A
T5	A3B1 = 2.5 kg/m ² de compost en la variedad Waldman's Green.	2.93	AB
T6	A3B2 = 2.5 kg/m ² de compost en la variedad Romana.	2.90	AB
T4	A2B2 = 1.5 kg/m ² de compost en la variedad Romana.	2.80	B
T1	A1B1 = 0 kg/m ² de compost en la variedad Waldman's Green.	2.20	C
T2	A1B2 = 0 kg/m ² de compost en la variedad Romana.	2.18	C
T3	A2B1 = 1.5 kg/m ² de compost en la variedad Waldman's Green.	2.10	C

El test de Duncan de interacción para el efecto de dosis de compost y variedad en el diámetro del cuello muestra que los mayores diámetros se obtuvieron con la dosis de 3.5 kg/m² y la variedad Waldman's Green con 3.30 cm; seguido con la dosis 3.5

kg/m² y la variedad Romana con 3.28 cm; el tercer mejor tratamiento fue con la dosis 2.5 kg/m² y la variedad Waldman's Green con 2.93 cm; cuarto mejor tratamiento fue con la dosis 2.5 kg/m² y la variedad Romana con 2.90 cm de diámetro; el quinto mejor tratamiento fue con la dosis 1.5 kg/m² y la variedad Romana con 2.80 cm de diámetro, siendo todos estos estadísticamente iguales para diámetro de cuello.

En cambio, los menores diámetros de cuello fueron de 2.20 cm con la dosis 0 kg/m² y la variedad Waldman's Green, seguido de 2.18 cm de diámetro con la dosis 0 kg/m² y la variedad Romana y por último con 2.10 cm con la dosis de 1.5 kg/m² y la variedad Waldman's Green, siendo estos estadísticamente similares entre sí.

El mayor diámetro de cuello obtenido en este ensayo supera por mucho lo obtenido por Incio (2019) que realizó su ensayo con cuatro dosis de biol (50, 100, 150 y 200 ml) en el cultivo de lechuga con la variedad White Boston, obteniendo el mayor diámetro de cuello de 2.29 cm con la dosis de 100 ml a partir del cual se obtuvo menores diámetros de 2.26 y 2.17 cm con 150 y 200 ml respectivamente, lo cual no sucede con las dosis de compost de este ensayo, por lo que se podría ir aumentando su dosis hasta que se observe el mismo comportamiento que con el biol.

De la interacción se observa que la dosis y la variedad empleada influye en los resultados de la variable de respuesta diámetro de tallo. Siendo que para la variedad Waldman's Green tener mayor cantidad de materia orgánica y labores culturales de aporque favorece al engrosamiento de tallo, por otro lado, a la variedad Romana le favoreció las dosis más elevadas de compost, pero existen diferencias entre las variedades.

6.7. Peso de planta

Sobre el análisis de la varianza del peso planta, se muestra que existen diferencias altamente significativas del peso de las plantas por efecto de las dosis de compost. Respecto del efecto de las variedades y la interacción dosis de compost con variedades, no se tuvieron ningún efecto significativo. Como muestra la Tabla 15.

Tabla 15*Análisis de la varianza peso planta*

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Dosis de compost	100652,25	3	33550,75	87,35	<0,0001 **
Variedad	630,12	1	630,12	1,64	0,2125 ns
Variedad*Dosis	1953,12	3	651,04	1,69	0,1947 ns
Error	9218,50	24	384,10		
Total	112454,00	31			
CV = 8,80 %			R ² = 0,92		

El coeficiente de variación de 8,80 % nos indica que existe poca dispersión de los datos, por lo que los datos serían confiables y el r-cuadrado muestra que el 92 % de los datos se ajustan al modelo estadístico utilizado.

Tabla 16*Test Duncan efecto dosis de compost en peso planta*

Dosis de compost	Medias	Duncan
A 4 = 3.5 kg/m ²	309.38	A
A 3 = 2.5 kg/m ²	235.25	B
A 2 = 1.5 kg/m ²	175.25	C
A 1 = 0 kg/m ²	171.13	C

Según el test de Duncan para el efecto de la dosis de compost en el peso de las plantas de lechuga, el mayor peso de 309.38 g se obtuvo con la dosis mayor de

3.5 kg/m² de compost, siendo este estadísticamente diferente al efecto de las demás dosis. El segundo mejor tratamiento con una media de 235.25 g es con la dosis 2.5 kg/m² de compost. Por otra parte, los menores pesos de 171.13 g y 175.25 g se obtuvieron las dosis de 0 y 1.5 kg/m² respectivamente, siendo ambos estadísticamente similares entre sí y diferentes al efecto del resto de las dosis de compost.

Respecto a esto Wester y Edilberto (2019) obtuvieron resultados menores con la aplicación de un compost basado en la mezcla de compost de residuos orgánicos domiciliarios y compost de estiércol de animales domésticos, obteniendo el peso de 209.89 g con este compost. Esto podría deberse a que usaron una variedad arpeollada de lechuga en su ensayo.

Por otra parte, el mayor resultado en este ensayo fue menor a lo obtenido por Martinez y Valeriano (2022) que aplicaron compost más EM, obteniendo valores de pesos de lechugas desde los 359.43 a 414.83 g. Esto probablemente debido a que las dosis de aplicación fueron de 17.23 Tn/Ha de los compost usados.

Por otro lado, los valores del peso obtenidos en este ensayo fueron mayores a lo obtenido por Gonzales (2013) y Ponciano (2021) quienes obtuvieron 161 y 183,84 g/planta respectivamente, aplicando el primero una dosis de 500 g/planta y el segundo 51 g/planta de compost ambos a la variedad White Boston, lo cual parece indicar que no solo es la dosis del compost, sino también la calidad del compost lo que influye en el desarrollo del cultivo.

La variable mas importante por la característica de la planta es el peso obtenido al final de su ciclo, el peso fresco de la planta la parte comercializada de interés se observó que al elevar niveles de compost se eleva el peso de la planta independiente de la variedad. Debiéndose a que se cubrió sus requerimientos nutricionales y realizo las labores culturales de manera eficiente.

6.8. Rendimiento

Esta variable de respuesta se calculó por la media en peso que alcanzó cada planta (siendo estos afectados por los distintos tratamientos) y el marco de plantación

que se empleó, que fue 20 cm x 30 cm, es decir 16 plantas de lechuga por m² aproximadamente.

Por otro parte, CYMMYT (1998) citado por López (2018), el rendimiento ajustado es el rendimiento promedio de cada tratamiento menos 10% que refleja la diferencia entre el rendimiento experimental y el posible rendimiento que podría obtener el agricultor, tomando en cuenta el manejo del cultivo.

Tabla 17

Cálculo de rendimiento

Tratamiento	Combinaciones	Peso promedio kg	Rendimiento kg/m²	Rendimiento ajustado (10%) kg/m²
T7	A4B1 = 3.5 kg/m ² de compost en la variedad Waldman's Green.	0.309	5.148	4.633
T8	A4B2 = 3.5 kg/m ² de compost en la variedad Romana.	0.308	5.131	4.618
T5	A3B1 = 2.5 kg/m ² de compost en la variedad Waldman's Green.	0.236	3.932	3.539
T6	A3B2 = 2.5 kg/m ² de compost en la variedad Romana.	0.234	3.898	3.508
T4	A2B2 = 1.5 kg/m ² de compost en la variedad Romana.	0.175	2.915	2.623
T3	A1B1 = 0 kg/m ² de compost en la variedad Waldman's Green.	0.175	2.915	2.623

T2	A1B2 = 0 kg/m ² de compost en la variedad Romana.	0.173	2.882	2.594
T1	A2B1 = 1.5 kg/m ² de compost en la variedad Waldman's Green.	0.171	2.849	2.564

De la tabla anterior se tiene que los resultados fueron afectados por la aplicación de las diferentes dosis de compost, siendo los rendimientos más elevados para los tratamientos que tenían mayores dosis de compost.

6.9. Análisis económico

6.9.1. Costo de producción

El análisis de costo de producción no se contaron el costo de los materiales campo, tomándose en cuenta la mano de obra (manejo del cultivo, labores culturales, cosecha, post cosecha, etc.) y agua; se consideró al compost como producido con materiales de la zona para evitar costos de compra y traslado; para los costos de producción se calcularon por m² al ser una producción de carpa.

Tabla 18

Análisis de costos de la producción de lechuga

DETALLE	TRATAMIENTO							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Mano de obra	25.50	25.50	25.50	25.50	25.50	25.50	25.50	25.50
Agua	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00

Imprevistos (5%)	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62
Costo	34.12	34.12	34.12	34.12	34.12	34.12	34.12	34.12

El cálculo del agua se consideró el costo de agua mensual de toda la carpa por cada mes de producción. En el caso de la semilla se lo considera despreciable pues la cantidad de semillas por metro cuadrado es mínima.

6.9.2. Beneficio

Para el cálculo del beneficio se consideró el precio de venta de lechuga por parte de la Facultad de Agronomía en su tienda de productos orgánicos "BIOMARKET", donde el costo de cada bolsa de lechuga es de 5 bs y cada bolsa debe pesar 500 g.

Tabla 19

Análisis de beneficios económicos.

DETALLE	TRATAMIENTO							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Rendimiento ajustado kg/m ²	2.56	2.59	2.62	2.62	3.53	3.50	4.61	4.63
Número de bolsas obtenidas	5	5	5	5	7	7	9	9
Beneficios	25.64	25.94	26.24	26.24	35.39	35.08	46.33	46.18

6.9.3. Beneficio costo

Para la relación costo-beneficio se compara el beneficio obtenido por la venta del producto versus el costo de producción del mismo, es una herramienta financiera

que ayuda a evaluar de forma efectiva la mejor decisión a tomar en términos de inversión.

Tabla 20

Análisis de la relación beneficio costo.

DETALLE	TRATAMIENTO							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Beneficios	25.64	25.94	26.24	26.24	35.39	35.08	46.33	46.18
Costo	34.12	34.12	34.12	34.12	34.12	34.12	34.12	34.12
B/C	0.75	0.76	0.77	0.77	1.04	1.03	1.36	1.35

En la tabla se observa que la producción de lechuga con compost en la dosis más elevada que es de 3.5 kg/m² es la obtiene más beneficios económicos, siendo para ello necesario que el compost que vayamos a usar sea producido en el lugar con los materiales de alrededor.

Los mayores valores de beneficio-costo de 1.35 y 1.36 Bs. se obtuvieron con la dosis más alta de compost de 3.5 kg/m² aplicada a las variedades Waldman's Green y Romana respectivamente, estos valores indican que por cada boliviano invertido se tiene una ganancia de 0.36 Bs. con la variedad Waldman's Green y 0.35 Bs. con la variedad Romana, esto debido a que sus pesos superaron los 300 g con la aplicación del compost.

Los tratamientos con dosis de 2.5 kg/m² obtuvieron un beneficio – costo de 1.04 para la variedad Waldman's Green y 1.03 para la variedad Romana, por lo que por cada boliviano invertido se recupera 0.04 Bs. con la variedad Waldman's Green y 0.03 Bs. con la variedad Romana.

Siendo los demás tratamientos no rentables pues en la relación Beneficio/costo es menor a 1.

7. CONCLUSIONES

Se logró evaluar la producción de dos variedades de lechuga con diferentes dosis de compost en ambiente controlado y se llegó a las siguientes conclusiones:

Existen diferencias en los efectos de diferentes dosis de compost sobre las dos variedades de lechuga. Siendo favorables las dosis altas de compost de 2.5 y 3.5 kg/m² porque incrementan de manera significativa la altura, número de hojas, diámetro del cuello y peso de la planta de lechuga, no importando la variedad, en comparación con la dosis de 0 y 1.5 kg/m² cuyo efecto sobre las lechugas es el mismo en todas las variables que se evaluaron, es decir que el agregar 1.5 kg/m² de compost a la lechuga tiene el mismo efecto de no agregar nada y solo aumenta los costos de producción.

No se pudo cuantificar la dosis óptima de compost, pues con las dosis de compost que se aplicaron, no se tiene un límite perceptible en donde las variables de estudio de la lechuga como el rendimiento, empiecen a tener valores constantes o estos valores empiecen a disminuir. Sin embargo, por el tipo de suelos del lugar de investigación las dosis más elevadas de compost mejoraron las condiciones del suelo, por lo que la producción incrementó, siendo necesaria la aplicación de 3.5 kg/m² para mejorar la producción de hortalizas como la lechuga.

Se obtiene beneficio-costo positivo en la producción de lechuga con la aplicación de la dosis de 3 kg/m² de compost siendo mayor para la variedad Waldman's Green con 1.36 Bs. seguido de la variedad Romana con 1.35 Bs.

Se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna que señala que existen diferencias significativas en los rendimientos de las dos variedades de lechuga con al menos una de las dosis de compost aplicadas, bajo las condiciones controladas de invernadero.

8. RECOMENDACIONES

Concluida la investigación se recomienda:

- Replicar el mismo ensayo, pero con dosis más altas de compost, pues se observó que en la bibliografía en otros estudios usaron dosis que iban desde las 10 a 35 Tn/Ha de compost.
- Investigar efectos del compost mezclado con microorganismo eficaces (EM) y sin microorganismos eficaces, pues se tiene el conocimiento de que en otro estudio se obtuvieron mejores rendimientos de las lechugas llegando a pesos que sobrepasaban los 400 g con la mezcla del compost más microorganismos eficaces.
- Realizar otro ensayo, pero con el mismo compost transformado en humus de lombriz y otro sin haber sido transformado, aplicados en las mismas dosis en el cultivo de lechuga para comparar sus efectos, debido a que el humus de lombriz según bibliografía se encuentra más mineralizado que el compost por lo cual su asimilación debería ser inmediata por las plantas de lechuga.
- Ya que la producción que se prevé intensiva analizar después de cada cosecha como quedan las propiedades físicas y químicas del suelo, para tener conocimiento de cada cuanto se debe volver a aplicar cuando de compost y averiguar cuanto mejoraron las condiciones físicas del suelo.
- Por último, se recomienda el uso de compost para la producción de lechuga debiendo ser el compost elaborado en el lugar, con el fin de reducir residuos orgánicos, costos de producción y costos de traslado.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Agromática. (2012). Guía completa del abonado de la lechuga. Obtenido de <https://www.agromatica.es/guia-completa-del-abonado-de-la-lechuga/>
- Aguilera, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. SciELO.
- Berna, S. (2021). Producción de lechuga suiza (*Valerianella locusta*) con tres abonos orgánicos en ambiente protegido en Achocalla provincia Murillo del departamento de La Paz. La Paz – Bolivia.
- Calle, P. (2018). Evaluación de tres tipos de abonos orgánicos en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en zona de Achocara Baja, Municipio de Luribay. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/20561/TS-2642.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). Manual de lechuga. Bogotá Colombia.
- Careaga, M. (2005). Efecto de semi sombra en la lechuga repollada con tres niveles de fertilización nitrogenada bajo carpa solar Provincia Murillo La Paz. La Paz – Bolivia.
- Casaca, A., 2005. Cultivo de Lechuga. Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales. Proyecto Modernización de los Servicios de Tecnología Agrícola PROMOSTA. Costa Rica.
- Ccoscco,F. (2015). Efecto de tres abonos orgánicos sólidos en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Capitata en la comunidad de Cconchacalla-Distrito y Provincia de Anta-Región Cusco. Disponible en <http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/52>

Céspedes, C. (2005). Agricultura Orgánica. Principios y Prácticas de Producción. Chile.

Chilon, E. 2013. Compostaje altoandino como sustento de la fertilidad del suelo frente al cambio climático. Reporte investigación publicado en CienciaAgro. Vol. 2, Nº 1, www.ibepa.org

Compostadociencia (2015). Compost concepto y características. Disponible en: <http://www.compostadociencia/2-compost>

Condori, H. (2009). Evaluación agronómica de diez híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller) en la localidad de Mizque. La Paz, Bolivia.

Cristobal, C. y Tucto, S. (2020). Eficiencia de tipos de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en condiciones agroecológicas del distrito de Cahuac, Yarowilca 2020. Disponible en: <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/6171/TAG00862C89.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cruz, V. (2004). Efecto de abonos orgánicos líquidos sobre variedades de lechuga (*Lactuca sativa*) en ambientes atemperados. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.

Díaz, C. (2021). Evaluación del crecimiento de hortalizas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.) utilizando ácido húmico y humus orgánico proveniente de la pila de compost. Chiapas.

ECOLOGY-SOS. (2006). Plan de desarrollo municipal 2006-2010. Disponible en: http://vpc.planificacion.gob.bo/uploads/PDM_S/02_LA%20PAZ/020308%20-%20Santiago%20de%20Callapa.pdf

Encuesta Nacional Agropecuaria (2008). Producción en Bolivia. Disponible en: <http://anda4.ine.gob.bo/ANDA4:2/index.php/catalog/145/study-description#:~:text=La%20Encuesta%20Nacional%20Agropecuaria%202008,a%20la%20elaboraci%C3%B3n%20de%20pol%20C3%Adticas>

FAO 2013 “FAO-Adapt. “Manual de compostaje del agricultor” Experiencias en América Latina.

Florez, L., González, G., Pulido, S., Wyckhuys, K., Escobar, H., Salamanca, C. (2012). Lechuga (*Lactuca sativa* L). En H. Pinzón Ramírez, Manual para el cultivo de Hortalizas. Bogotá: Produmedios. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. Disponible en: <http://faostat.fao.org/>

García, A. (2014). Evaluación de la biomasa de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Great Lake 659, tratados con cuatro dosis de gallinaza de aves de postura enriquecida con microorganismos benéficos en la Provincia de Lamas-San Martín. Disponible en <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/251/6055313.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García y Félix, J, 2014. Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales. Disponible en <http://www.fps.org.mx>.

Ganuza, E. (2014). Disponibilidad de nutrientes en fertilizantes orgánicos e inorgánicos a corto plazo en cultivo de lechuga y espigana. Disponible en <https://academica.e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/10424/629124.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gonzales (2013). Influencia de musgo descompuesto sphagnum y tres abonos orgánicos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en condiciones de Acobamba. Disponible en: <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6e2f2682-1c96-48b0-b0d1-1ddae2089fd3/content>

Guasch. (s.f.). Lechuga Waldman's. Disponible en: <https://guasch.com.ar/GuaschSemillas%C2%AE/Huerta&Jardin/Hortalizas/Lechuga/Waldman%C2%B4sGreen/Caracteristicas/159/Especies/199/6/>

Guato, C. (2015). Evaluación del efecto del compost generado en la empresa pública mancomunada de aseo integral Patatepelileo “emait-ep” en la producción limpia, en el rendimiento de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa*). Universidad Técnica de Ambato. Cevallos – Ecuador.

Guerra, J. (2021). Efecto de la fertilización orgánico químico, en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), bajo condiciones controladas de invernadero.

Disponible en <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/4504/Informe%20de%20tesis%202022%20Joseph%20Imprimir%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gutiérrez, Hernández & Silvano (2009). Sistemas hidropónicos bajo un manejo adecuado en hortalizas.

Hernández, A. y Pascual, J. (2020). Influencia de materia prima y aditivos en 23 compost de valor agregado como componente de los medios de cultivo con supresividad frente a *Pythium irregulare*. Disponible en: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/10290/23-imp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hohl U., Neubert B., Pforte H., Schonhof I., Böhm H., 2001. Flavonoid concentrations in the inner leaves of head lettuce genotypes.

Huterwal, G. (1991). Hidroponía, Cultivo de Plantas Sin Tierra. Buenos Aires, Argentina. pp. 234.

Incio, P. (2019). Efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad White Boston en Cajamarca. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3063/RENDIMIENTO%20DE%20LECHUGA%20levantamiento%20de%20obsecciones.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto Nacional de Estadística (2023). Cuadros estadísticos. Bolivia – Producción Año Agrícola por Departamento 1984-2022. Disponible en: <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/>

Intipampa, L. (2014). Evaluación del comportamiento agronómico de tres cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en dos comunidades del municipio de Caranavi de la Paz. La Paz – Bolivia.

Japón, J. (2020). La lechuga. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura. Madrid.

Jaramillo, J., Aguilar, P., Tamayo, P., Arguello, E., y Guzmán, M. (2016). Modelo Tecnológico para el Cultivo de Lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el oriente Antioqueño. Medellín, Colombia.

Mamani, L. (2023). Evaluación del efecto de incorporación de dos abonos orgánicos en la producción de semilla lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad babie cabeza de mantequilla en el Centro Experimental Cota Cota. La Paz – Bolivia.

Martínez, B. (2019). Evaluación del biosol generado en la producción de biogas, como biofertilizante en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*).

Martínez, E. y Valeriano, N. (2022). Efecto de los abonos orgánicos en el rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en condiciones del CIFO-UNHEVAL, HUÁNUCO 2020. Disponible en: <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/7105/TAG00911M26.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Matallana, J. “Invernaderos”, Escobar Impresores. Almería, España, 2001.

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT). Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario (VDRA). Dirección General de Producción Agropecuaria y Soberanía Alimentaria (DGPASA). Unidad de Producción Agropecuaria, Agroforestal y Pesca (UPAAP). (2017). Manual Técnico de Producción de Tomate con Enfoque de Buenas Prácticas Agrícolas. La Paz, Bolivia. 23, 24 p

Mendoza, D. (2019). Evaluación del efecto de tres dosis de lixiviado de humus de lombriz en el comportamiento productivo de apio (*Apium graveolens* L.) bajo ambiente protegido en la zona de Callapa - La Paz. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/20693/T-2661.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mollehuanca, E. (2019). Comparativo de dosis de soluciones nutritivas inorgánicas en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L. Var. White Boston) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico - k'ayra - cusco. Disponible en: http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/3687/253T20190052_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mundaca, J. (2020). Dosis de fertilizante orgánico granulado en la producción del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Great Lakes, en la provincia Lamas. Disponible en <http://209.45.90.232/bitstream/handle/11458/3895/AGRONOM%C3%8DA%20-%20Julio%20Cesar%20Mundaca%20Cruz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Murillo, E. (2012). Planificación de proyectos agropecuarios. La Paz.

Novagric (2015). Cultivos en Invernadero: INVERNADERO PARA HORTALIZAS. Disponible en: <https://www.novagric.com/es/blog/articulos/cultivos-invernadero-hortalizas>

Norma chilena, NCh 2880. Of. 2004. Compost, clasificación y requisitos. Disponible en: https://miros.cl/wp-content/uploads/2020/01/NCh_2880_Compost_Clasificaci%C3%B3n.pdf

Norma mexicana, NMX – AA – 180 – SCFI – 2018. Que establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos finales. Disponible en: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD1/NMX-AA-180-SCFI-2018.pdf>

- Ochoa, I. (2012). Curso de compostaje en la UAM: Tipos de compost. Obtenido de <https://www.uam.es>
- Orruel, F. (2006). Comportamiento agronómico de dos variedades de lechuga baby (*Lactuca sativa* L.) a tres densidades de cultivo en Panqar Huyus en la Provincia Ingavi. La Paz - Bolivia.
- Orús, A. (2023). Producción de lechugas en el mundo en 2012-2021. Disponible en <https://es.statista.com/estadisticas/529438/producciones-de-lechugas-en-el-mundo/#:~:text=En%202021%2C%20se%20produjeron%20aproximadamente,registraron%20los%20valores%20m%C3%A1s%20altos.>
- Ponciano, R. (2021). Enmiendas orgánicas en la calidad y rendimiento del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad White Boston Improved, en condiciones edafoclimáticas del centro poblado de Puca Puca, Chavinillo. Disponible en https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/7185/TAG0092_1P77.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ProNap “Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola Bajo ambientes Protegidos” (2011). Preparación de almácigos para hortalizas. Costa Rica.
- Quispe, M. (2022). Evaluación de la producción de dos variedades del cultivo de gladiolo (*Gladiolus ssp.*) con la aplicación de compost en ambiente atemperado en la zona Callapa de la provincia Murillo del Departamento de La Paz. Bolivia.
- Rivera, F. (2014) caracterización química física del compost obtenido a partir de residuos orgánicos: Universidad Nacional de Cuya facultad de Ciencias Agrarias.
- Rodeo Semillas. (s.f.). Lechuga crespa Waldman’s Green. Disponible en: <https://rodeosemillas.com/producto/lechuga-crespa-waldmans-green/>
- Saavedra, G. (2017). Manual de producción de lechuga. Capítulo 1. Boletín INIA N° 374. Santiago, Chile.

Sánchez, M., 2011. Evaluación de tres abonos orgánicos en diferentes dosis de aplicación en el rendimiento del cultivo de rosa (*rosa sp.*) var. freedom. Riobamba, Ecuador.

SIAP “Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera” (2017). El aporque: labor cultural para una buena cosecha. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-aporque-labor-cultural-para-una-buena-cosecha?idiom=es#:~:text=El%20aporque%20es%20una%20t%C3%A9cnica,impide%20el%20exceso%20de%20humedad.>

Valdés, A. (2015). Contenido de nitratos en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivada en la 3ª. Mendoza – Argentina.

Valdez, A. (2001) Producción de hortalizas.: Editores Noriega.

Wester, C. y Edilberto, Q. (2019). Efecto de dos tipos de compost en el rendimiento de lechuga arropollada (*Lactuca sativa* L.) en el distrito de Marcabalito, Provincia Sánchez Carrión. Disponible en https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13707/CastilloPastor_W%20-%20QuispeBenites_E.pdf?sequence=3&isAllowed=y

WikiFarmer (2017). Cómo Cultivar Lechuga – Guía Completa de Cultivo de la Lechuga, desde la Siembra hasta la Cosecha. Disponible en: <https://wikifarmer.com/es/como-cultivar-lechuga-guia-completa-de-cultivo-de-la-lechuga-desde-la-siembra-hasta-la-cosecha/>

ANEXOS

Anexo 1: Mullido y nivelación del terreno después de su arado.



Anexo 2: Cosecha de compost de la Estación Experimental de Cota Cota



Anexo 3: Delimitación del área experimental



Anexo 4: Almacigo del cultivo de la lechuga



Anexo 5: Trasplante del cultivo de la lechuga



Anexo 6: Riego del cultivo de lechuga



Anexo 7: Aporque y control de malezas



Anexo 8: Cosecha y evaluación de las lechugas



Anexo 9: Análisis de laboratorio 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)


 Laboratorio de la
 Facultad de Agronomía
 en Suelos y Aguas

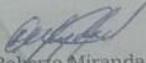
RES: FAC.AGRO.LAB. N°329

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO: German Mamani Ayala
 SOLICITUD: LAF 329_21
 FECHA DE ENTREGA: 25/11/21
 PROCEDENCIA: Departamento La Paz
 Provincia Murillo

	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
TEXTURA	Arena	%	42	Bouyoucos
	Limo	%	32	
	Arcilla	%	26	
	Clase Textural	-	Franco	
	pH en H ₂ O relación 1:5	-	6.37	Potenciometria
	Potasio intercambiable	meq/100g S.	0.87	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
	Nitrógeno total	%	0.23	Kjendahl
	Materia orgánica	%	4.86	Walkley y Black
	Fósforo disponible	ppm	73.9	Espectrofotometria UV- Visible




 Ph.D. Roberto Miranda Casas
LABORATORIO DE SUELOS

Anexo 10: Análisis de laboratorio del compost

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

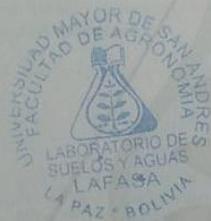
 **LAFASA**
Laboratorio
Facultad de
Agronomía

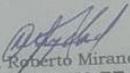
RES: FAC.AGRO.LAB. N°328

ANÁLISIS QUÍMICO COMPOST

INTERESADO: German Mamani Ayala
SOLICITUD: LAF 328_21
FECHA DE ENTREGA: 25/11/21
PROCEDENCIA: Departamento La Paz
Provincia Murillo

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
Potasio	%	0.01	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Nitrógeno total	%	1.06	Kjendahl
Fósforo disponible	%	0.04	Espectrofotometría UV-Visible

 **UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE
SUELOS Y AGUAS
LAFASA
LA PAZ - BOLIVIA


Ph.D. Roberto Miranda Casas
LABORATORIO DE SUELOS