

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE
ESCAROLA (*Cichorium endivia* L.) CON LA APLICACIÓN DE
NIVELES DE HUMUS DE LOMBRIZ EN AMBIENTE PROTEGIDO EN
LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

Por:

Marialena Rodriguez Tipula

EL ALTO – BOLIVIA

Octubre, 2024

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

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE
ESCAROLA (*Cichorium endivia* L.) CON LA APLICACIÓN DE NIVELES DE
HUMUS DE LOMBRIZ EN AMBIENTE PROTEGIDO EN LA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

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

Marialena Rodriguez Tipula

Asesores:

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

Tribunal Revisor:

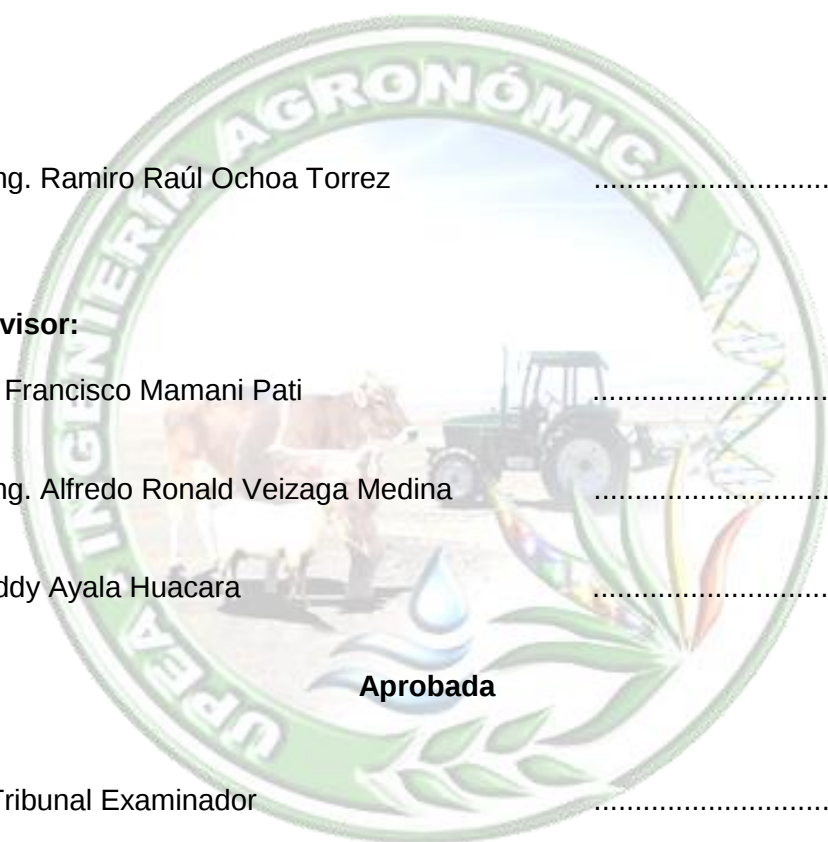
Dr. Lic. Ing. Francisco Mamani Pati

M. Sc. Lic. Ing. Alfredo Ronald Veizaga Medina

Lic. Ing. Freddy Ayala Huacara

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

Debo dar gracias: a Dios por darme la perseverancia y dejar que no me rinda en los momentos más difíciles

A mis padres Basilio Rodríguez y Catalina Tipula por su apoyo incondicional y esfuerzo por su ejemplo de humildad, responsabilidad, honestidad y solidaridad que además son la mejor herencia y herramientas para la vida de toda persona.

A mis herman@s, por el constante apoyo que me dieron.

AGRADECIMIENTOS

Al creador por permitir sentir su presencia a través de las personas que me rodean y darme la oportunidad de llegar a este logro.

A la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto (UPEA) por acogerme en sus aulas durante mi formación profesional.

Al M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez por la amistad, comprensión e invaluable apoyo y colaboración durante el proceso de investigación y redacción del presente trabajo.

Así mismo a mis revisores: Dr. Lic. Ing. Francisco Mamani Pati, Lic. Ing. Rene Ayala Huacara y el Lic. Ing. Alfredo Ronald Veizaga Medina por el tiempo dedicado, los aportes y las observaciones que permitieron complementar el trabajo inicial.

A mis amados padres Basilio Rodríguez Paco y Catalina Tipula Condori, por la educación, esfuerzo, confianza, comprensión y apoyo incondicional en todo momento. A mis apreciados hermanos que me motivaron a concluir mis metas.

También a mí apreciados amig@s uno de los mayores tesoros que tengo, quienes en uno u otro momento supieron apoyarme y alentarme para concluir mis estudios.

De la misma manera a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización del presente trabajo.

CONTENIDO

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

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Origen de escarola.....	4
2.2. Taxonomía.....	4
2.3. Morfología del cultivo de escarola.....	5
2.4. Producción a nivel nacional e internacional.....	6
2.5. Variedades.....	6
2.5.1. Escarola lisa (<i>Cichorium endivia</i> L. Var. Latifondia).....	6
2.6. Propiedades nutritivas de la escarola.....	7
2.7. Requerimientos edafoclimaticos	8

2.7.1.	Temperatura	8
2.7.2.	Clima.....	8
2.7.3.	Humedad	8
2.7.4.	Suelo.....	8
2.8.	Requerimientos nutricionales	8
2.9.	Prácticas culturales del cultivo de la escarola bajo invernadero	9
2.9.1.	Almacigo	9
2.9.2.	Trasplante	9
2.9.3.	Control de malezas	9
2.9.4.	Riego	10
2.9.5.	Cosecha.....	10
2.9.6.	Rendimiento	10
2.10.	Abonos orgánicos	11
2.10.1.	Tipos de abonos orgánicos	11
2.10.2.	Humus de lombriz	11
2.10.3.	Composición química del humus de lombriz	12
2.10.4.	Características del humus de lombriz.....	12
2.10.5.	Principales efectos del humus de lombriz.....	13
2.10.6.	Aplicación y dosificación de humus de lombriz.....	13
2.11.	Características generales de los ambientes protegidos	14
2.12.	Producción bajo invernadero	14
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1.	Localización	15
3.1.1.	Ubicación Geográfica.....	15
3.1.2.	Características Edafoclimáticas	15
3.2.	Características Ecológicas.....	16

3.2.1.	Clima.....	16
3.2.2.	Suelo.....	16
3.2.3.	Flora.....	17
3.2.4.	Fauna.....	17
3.3.	Materiales	17
3.3.1.	Material biológico	17
3.3.2.	Insumo	17
3.3.3.	Material de escritorio.....	17
3.3.4.	Material de campo.....	17
3.4.	Metodología	18
3.4.1.	Desarrollo del ensayo.....	18
3.4.1.1.	Características del invernadero	18
3.4.1.2.	Almaciguera	18
3.4.1.3.	Análisis del suelo.....	19
3.4.1.4.	Preparación del terreno	20
3.4.1.5.	Obtención del humus de lombriz	20
3.4.1.6.	Instalación de cinta de goteo	20
3.4.1.7.	Aplicación de riego por cintas de goteo	21
3.4.1.8.	Delimitación del área experimental.....	21
3.4.1.9.	Aplicación de humus de lombriz	21
3.4.1.10.	Trasplante	22
3.4.1.11.	Control de malezas y aporque.....	22
3.4.1.12.	Toma de datos	22
3.4.1.13.	Cosecha.....	22
3.4.2.	Diseño experimental	23
3.4.3.	Tratamientos de estudio.....	23

3.4.4.	Croquis del experimento	24
3.4.5.	Variables de respuesta.....	25
3.4.5.1.	Altura de planta (cm)	25
3.4.5.2.	Numero de hojas.....	25
3.4.5.3.	Longitud de hoja (cm).....	25
3.4.5.4.	Peso de planta (g)	25
3.4.5.5.	Rendimiento (t/ha).....	26
3.4.6.	Análisis económico	26
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1.	Comportamiento de la temperatura.....	28
4.2.	Características físico - químico del suelo	29
4.2.1.	Características químicas del humus de lombriz.....	30
4.3.	Variables de respuesta	31
4.3.1.	Altura de planta (cm)	31
4.3.2.	Número de hojas.....	32
4.3.3.	Longitud de hoja (cm).....	33
4.3.4.	Peso de planta (g).....	35
4.3.5.	Rendimiento (t/ha).....	36
4.3.6.	Análisis económico	37
4.3.6.1.	Beneficio bruto	37
4.3.6.2.	Beneficio neto	38
4.3.6.3.	Relación beneficio/costo.....	39
5.	CONCLUSIONES.....	40
6.	RECOMENDACIONES.....	41
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	42
8.	ANEXOS	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Descripción taxonómica de la escarola	5
Cuadro 2.	Composición nutricional por 100 gramos de porción comestible de escarola ..	7
Cuadro 3.	Requerimiento nutricional para el cultivo de escarola.....	9
Cuadro 4.	Composición química del humus de lombriz	12
Cuadro 5.	Temperatura máxima, mínima y media promedio de la Estación Experimental de Kallutaca	16
Cuadro 6.	Análisis físico – químico de suelo.....	29
Cuadro 7.	Análisis físico - químico del humus de lombriz	30
Cuadro 8.	Análisis de la variable altura de planta (cm)	31
Cuadro 9.	Análisis varianza, variable número de hojas.....	32
Cuadro 10.	Análisis de varianza para la longitud de hoja de escarola	34
Cuadro 11.	Análisis de varianza para la variable peso de planta	35
Cuadro 12.	Comparación de medias de la variable rendimiento t/ha	36
Cuadro 13.	Calculo del beneficio bruto	38
Cuadro 14.	Calculo del beneficio neto	38
Cuadro 15.	Relación beneficio/costo	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de Localización de la Estación Experimental de Kallutaca	15
Figura 2.	Recolección de la muestra representativa del suelo.....	19
Figura 3.	Croquis del experimento y distribución de los tratamientos	24
Figura 4.	Temperaturas máximas, mínimas y media registrados en el ambiente controlado (Octubre a Diciembre de 2023).....	28
Figura 5.	Diferencia estadística de altura de planta de los tratamientos	31
Figura 6.	Prueba de Duncan para el número de hojas	33
Figura 7.	Diferencia estadística de la longitud de hoja	34
Figura 8.	Comparación del peso de planta.....	35
Figura 9.	Diferencia matemática del rendimiento (t/ha) de los tratamientos	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Características del invernadero.....	48
Anexo 2.	Siembra del cultivo de escarola en almaciguera	48
Anexo 3.	Desterronado y remoción del terreno con motocultor	49
Anexo 4.	Desinfección del área de estudio	49
Anexo 5.	Instalación de válvula programable	50
Anexo 6.	Delimitación del área de estudio y tendido de cinta de riego por goteo	50
Anexo 7.	Aplicación del humus de lombriz en las unidades experimentales	51
Anexo 8.	Trasplante del cultivo de escarola.....	51
Anexo 9.	Toma y registro de datos del cultivo de escarola.....	52
Anexo 10.	Cosecha del cultivo de escarola al concluir su ciclo	52
Anexo 11.	Lavado y embolsado	53
Anexo 12.	Compañeros tesistas.....	53
Anexo 13.	Costos de producción del T ₁	54
Anexo 14.	Costos de producción del T ₂	55
Anexo 15.	Costos de producción del T ₃	56
Anexo 16.	Costos de producción del T ₄	57
Anexo 17.	Calculó de lámina de agua en el ciclo del cultivo de escarola	58
Anexo 18.	Análisis de humus de lombriz.....	59
Anexo 19.	Análisis de suelo	60

ABREVIATURAS

kg	Kilogramo
g	Gramos
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
ha	Hectárea
t	Tonelada
m ²	Metros cuadrados
°C	Grados centígrados
%	Porcentaje
cm	Centímetros
m	Metros
N°	Número
mm	Milímetros cúbicos
L	Litros
hrs	Horas
min	Minutos
mg	Miligramos
ml	Mililitros
dS	DeciSiemens

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental de Kallutaca de la Universidad Pública De Alto en la Carrara de Ingeniería Agronómica, durante la gestión 2023, perteneciente al municipio de Laja, provincia Los Andes, en el Departamento de La Paz.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento agronómico de la escarola (*Cichorium endivia* L.), con la aplicación de niveles de humus de lombriz en ambiente protegido, bajo el diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, cuatro tratamientos y un total de doce unidades experimentales, con la variedad de Corneta de burdeos, bajo cuatro niveles de humus de lombriz los que fueron: 100 g de humus de lombriz/m², 150 g de humus de lombriz/m² y 200 g de humus de lombriz/m² más el testigo que fue sin aplicación de humus de lombriz. En el trabajo de investigación se estudiaron las siguientes variables de respuesta con la aplicación del humus de lombriz los cuales fueron: altura de planta, número de hojas, longitud de hoja, peso de planta rendimiento del cultivo y el análisis del beneficio/costo.

Al concluir la evaluación, se determinaron los mejores resultados obtenidos, los cuales fueron: el T₃ con 150 g de humus de lombriz/m² con 34.48 cm de altura de planta, 30.27 cm longitud de hoja y el T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² con 25 número de hojas por planta, 145.5 g de peso de planta y 11.97 t/ha rendimiento.

En cuanto al análisis económico del Beneficio/Costo, el T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² obtuvo mayor rentabilidad debido, ya que por cada boliviano invertido se gana Bs. 1.37 Además, se determinó que no hay pérdida, ya que los demás tratamientos registran una rentabilidad aceptable para el cultivo de escarola.

ABSTRACT

The present research work was carried out at the Kallutaca Experimental Station of the Universidad Pública De Alto in the Agronomy Engineering Career, during the 2023 administration, belonging to the municipality of Laja, Los Andes province, in the Department of La Paz.

The objective of this research was to evaluate the agronomic performance of endive (*Cichorium endivia* L.), with the application of different levels of vermicompost in a protected environment, under a randomized complete block design with three replications, four treatments and a total of twelve experimental units, with the Bordeaux Bugle variety, under four levels of vermicompost which were: 100 g of vermicompost/m², 150 g of vermicompost/m² and 200 g of vermicompost/m² plus the control which was without application of vermicompost. In the research work, the following response variables were studied with the application of vermicompost: plant height, number of leaves, leaf length, plant weight, crop yield and benefit/cost analysis.

At the conclusion of the evaluation, the best results obtained were determined, which were: T₃ with 150 g of vermicompost/m² with 34.48 cm plant height, 30.27 cm leaf length and T₄ with 200 g of vermicompost/m² with 25 number of leaves per plant, 145.5 g plant weight and 11.97 t/ha yield.

Regarding the economic analysis of the Benefit/Cost, T₄ with 200 g of earthworm humus/m² obtained higher profitability due to the fact that for each Boliviano invested, Bs 1.37 is earned. In addition, it was determined that there is no loss, since the other treatments register an acceptable profitability for the endive crop.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas en Bolivia es muy abundante, en el país contamos con una diversidad de hortalizas, así como con la entrada de especies y variedades foráneas. La horticultura juega un rol importante en la economía y la alimentación de la población, la producción agrícola es clave para lograr un desarrollo sostenible y tiene la capacidad de elaborar e introducir nuevas hortalizas como una alternativa para la población.

La escarola (*Cichorium endivia* L.) es una especie que pertenece a la familia de las compuestas. Utilizada desde tiempos antiguos, es muy conocida en Europa por sus propiedades nutricionales, que además de ser agradables, tienen propiedades tónicas y depurativas (Llanque, 2009).

Infoagro (2003), señala que en España existen dos tipos de escarolas: las de hoja rizada y las de hoja lisa. Las primeras son más tradicionales que las segundas. También indica que estas tienen un consumo menor al de la lechuga, pero que aun así tienen importancia en su economía, por lo que la superficie cultivada permanece estable.

Riquelme citado por Calizaya (2016), menciona que cuando se habla de la escarola se hace referencia a una verdura que comparte con el resto de vegetales su bajo contenido energético, dado su escaso contenido en nutrientes energéticos (hidratos de carbono, proteínas y grasas). El agua es el elemento que predomina en la composición., en ella están disueltas pequeñas cantidades de vitaminas hidrosolubles (B1, B2, C, folatos es la verdura más rica en esta vitamina, con diferencia sobre el resto) y en menor proporción beta caroteno (provitamina A), así como minerales como el calcio, el magnesio, el hierro, el zinc y el potasio, éste último el más abundante.

Llanque (2009), indica que actualmente en la ciudad de La Paz la oferta de escarola en el mercado es menor a la demanda del mercado local, particularmente tomando en cuenta aquellos que gustan de su sabor particular o que conocen sus propiedades. Acopiadores que conocen del producto, indican también que la escarola es un producto con expectativas de crecimiento en la demanda por sus propiedades nutritivas y depurativas que hasta hoy son poco conocidas dentro el mercado local.

1.1. Planteamiento del problema

Las producciones de hortalizas a campo abierto presentan una desventaja debido a las condiciones climáticas extremas que pueden afectar al cultivo. La situación actual en la agricultura hace necesario que sea una prioridad el uso de carpas solares.

Además, la población tiene una dieta donde la presencia de hortalizas como la acelga, la lechuga, el nabo y la zanahoria es mucho mayor, dejando de lado a la escarola (*Cichorium endivia* L.), que tiene grandes potenciales tanto económicos como comerciales.

Por otro lado, existen sectores que enfrentan problemas de fertilidad en los suelos, por lo cual la implementación de un abono orgánico como el humus de lombriz completaría el déficit de fertilización necesario para obtener mejores rendimientos.

1.2. Justificación

El cultivo de escarola podría convertirse en una hortaliza demandada por los bolivianos, ofreciendo una nueva alternativa de producción para los productores de hortalizas y aumentando así la diversificación de los cultivos.

La presente investigación se basó en evaluación del comportamiento agronómico de la escarola variedad Corneta de Burdeos bajo la aplicación de cuatro niveles de humus de lombriz en carpa solar, con el objetivo de establecer esta hortaliza como una alternativa de negocio para aumentar la diversidad de hortalizas de consumo diario en la dieta boliviana, identificando la cantidad óptima de humus de lombriz necesaria para su producción y mejorar la calidad del suelo.

Porque el humus de lombriz es un fertilizante muy adecuado para cultivos agrícolas siendo un fertilizante natural no tóxico para humanos, animales, plantas y el ambiente. Aporta de gran manera en múltiples minerales esenciales como el potasio, fósforo, magnesio, calcio, hierro y zinc, como también siendo económicamente sostenible para que el agricultor pueda aumentar su producción y dar una alternativa de consumo al mercado boliviano, buscando buenos niveles de fertilización e idóneos dentro de las carpas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar las características agronómicas de la escarola (*Cichorium endivia* L.) bajo la aplicación de cuatro niveles de humus de lombriz en ambiente protegido en la Estación Experimental de Kallutaca en el Departamento de La Paz.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características agronómicas de la escarola (*Cichorium endivia* L.) bajo cuatro niveles de humus de lombriz.
- Determinar el rendimiento de la escarola (*Cichorium endivia* L.) con cuatro niveles de humus de lombriz.
- Evaluar el Beneficio/Costo del cultivo de la escarola (*Cichorium endivia* L.) con cuatro niveles de humus de lombriz.

1.4. Hipótesis

- H_0 : No existe diferencias significativas en el comportamiento agronómico de la escarola (*Cichorium endivia* L.) con la aplicación de cuatro niveles de humus de lombriz en ambiente protegido en la Estación Experimental de kallutaca.
- H_1 : Existe diferencias significativas en el comportamiento agronómico de la escarola (*Cichorium endivia* L.) con la aplicación de cuatro niveles de humus de lombriz en ambiente protegido en la Estación Experimental de kallutaca.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen de escarola

Llanque (2009), menciona que el origen de la escarola es incierto, aunque se sugiere que procede tanto de la India como de zonas del Mediterráneo. Si bien se tiene información de que los antiguos egipcios la conocían y utilizaban cocida y en ensalada.

Según Carrion (2011), fue conocida y consumida por los antiguos egipcios, griegos y romanos. Como ocurrió con numerosas verduras y hortalizas, la escarola tuvo en un principio un uso más medicinal que culinario.

Infoagro (2003), menciona que no se ha podido demostrar si los tipos cultivados de esta especie son originarios de la India o mediterráneos, ya que selecciones de esta especie se han cultivado en ambas áreas durante siglos. En España el cultivo de las escarolas de hoja rizada es tradicional, mientras que el cultivo de la de hoja lisa y ancha data de los años 60.

Según Ecured (2010), es una verdura que pertenece a la familia de las Asteráceas (Compuestas) con más de un millar de géneros y más de 20.000 especies. De ellas se cultivan muy pocas, esta familia, cuyo nombre actual deriva del griego Aster (estrella), se caracteriza porque sus flores están compuestas por la fusión de cientos e incluso miles de flores diminutas, como es el caso del girasol. La familia proporciona muchos tipos de hortalizas de diversas especies: de hoja (lechuga, endibia, escarola, achicoria), de flor (alcachofa) o de tallo (cardo).

2.2. Taxonomía

Infoagro (2003), indica que la escarola es una planta anual o bianual perteneciente a la familia Asterácea, cuyo nombre botánico es *Cichorium endivia* L.

Ecured (2010), señala que no llegan a formar nunca pella, pero hay variedades en que las hojas nacen muy apretadas y dan lugar a un blanqueamiento natural. Después de estar madura, es cuando la escarola emite el tallo floral que se ramifica en capítulos de flores de color azulado. Forman frutos en aquenios, que se confunden con las verdaderas semillas y que son de mayor tamaño que los de las lechugas.

En el Cuadro 1, se muestra la descripción taxonómica de la escarola, con la siguiente clasificación:

Cuadro 1. Descripción taxonómica de la escarola

Clasificación científica	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Género:	Cichorium
Especie:	<i>Cichorium endivia</i> L.

Fuente: Fandon (2024).

2.3. Morfología del cultivo de escarola

Llanque (2009), describe que es una planta que se cultiva como anual, eso significa que completa su ciclo de vida desde la siembra hasta la producción de semillas en un solo año. Sin embargo, en climas más cálidos o en invernadero puede comportarse como bienal. Se cultiva por sus hojas, perteneciente a la familia de la Asteráceae, igual que la lechuga y la alcachofa.

Portagrano (2024), explica que el tallo es casi nulo asentado sobre una raíz pivotante, con pequeñas ramificaciones del que salen las hojas de forma alargada, con el nervio ancho con los bordes más o menos dentados. En el segundo año desarrolla un tallo muy ramificado que emite flores en capítulo de color azulado.

Abcagro (2013), menciona que las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio. No llegan a formar nunca pella, pero hay variedades en que las hojas nacen muy apretadas y dan lugar a un blanqueamiento natural.

Frank (2002), señala que la escarola (*Cichorium endivia*) suele alcanzar una altura de entre 20 a 30 centímetros. Sin embargo, puede variar dependiendo de las condiciones de cultivo y la variedad específica.

HocHarris (2014), indica que la escarola (*Cichorium endivia* var. *latifolium*) generalmente tiene entre 15 a 25 hojas por planta de color verde intenso.

Kuepper (2003), señala que la escarola puede llegar a medir una longitud entre 30 y 60 centímetros, dependiendo del manejo y las condiciones de cultivo.

Johnson (2023), manifiesta que la escarola alcanza un peso aproximado de 80 a 150 gramos por planta, dependiendo de la variedad y el manejo del cultivo.

2.4. Producción a nivel nacional e internacional

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Bolivia produjo aproximadamente 10.000 toneladas de escarola en 2020. Esto ubica a Bolivia como un productor menor de escarola a nivel mundial, en comparación con los grandes productores como China, Estados Unidos, España e Italia (FAO, 2020).

Infoagro (2003), indica que en España se cultivó cerca de 2.400 ha con una producción superior a 51.000 t. Aproximadamente el 50% de la superficie cultivada correspondió a escarola rizada (var. Crispa) y el otro 50% a escarolas de hoja lisa (var. Latifolia). Francia es actualmente el primer destinatario de las exportaciones españolas, con un 40% del total, seguida por Alemania con un 23% y Holanda con un 14%.

2.5. Variedades

2.5.1. Escarola lisa (*Cichorium endivia* L. Var. Latifondia)

Integra (2021), indica que sus hojas muestran un aspecto ancho y liso con el borde escasamente ondulado, destacando las variedades Stratego, Gigante Hortelana, Brevo, Corneta y Rubia de corazón lleno.

Guiaviveros (2024), señala que la variedad Corneta de burdeos se distingue por su forma alargada y sus hojas de color verde oscuro, siendo altamente resistente a condiciones climáticas adversas.

Según Huertos (2024), la variedad Stratego es un cultivo de invierno-primavera. Pella de gran volumen que blanquea con facilidad. Resistencia a “subida de flor” y necrosis apical.

Iculinaria (2012), menciona que la variedad Gigante hortelana tiene las hojas en roseta, que nacen en el centro apretadas unas con otras, formando un corazón compacto en cuyo interior no llega la luz.

Brevo tiene una pella de 40 - 50 cm de diámetro, con hojas onduladas, limbo ancho, color verde oscuro en el exterior y verde claro o amarillo en el centro (Mercado, 2006).

2.6. Propiedades nutritivas de la escarola

Según Escalante (2019), la escarola es un alimento compuesto prácticamente por agua y con un escaso contenido calórico que la hacen idónea en dietas destinadas a combatir problemas de obesidad. Asimismo, se trata de la verdura más rica en vitaminas, como la C y la B, indispensable entre mujeres embarazadas. También está presente la vitamina K, necesaria en la coagulación de la sangre. Además, también ayuda a fortalecer el sistema inmunológico. Junto al fósforo, son beneficiosos en la salud de dientes y huesos.

Maroto, citado por Llanque (2009), menciona que la escarola es una hortaliza muy popular en Europa para su consumo en ensalada, por su contenido nutricional, su sabor ligeramente amargo y por estimular el apetito.

En el Cuadro 2, se observa la siguiente composición nutricional de la escarola y se tiene la siguiente clasificación:

Cuadro 2. Composición nutricional por 100 gramos de porción comestible de escarola

Composición	Cantidad (g)
Kcalorías	17.4
Carbohidratos	1
Proteínas	1.61
Fibra	2.6
Grasas	0.2
Sodio	14
Calcio	55
Hierro	1
Fósforo	37
Potasio	327
Vitamina A	0.07
Vitamina B1	0.06
Vitamina B2	0.09
Vitamina B3	0.6
Vitamina C	10

Fuente: Vegaffinity (2022).

2.7. Requerimientos edafoclimaticos

2.7.1. Temperatura y Clima

Garcia (2023), señala que los intervalos de temperaturas en invernadero estarían de entre los 15 - 25 °C, pero puede tolerar hasta los - 5 °C. por la noche, durante la fase de crecimiento.

Ecohortum (2013), indica que la escarola es una verdura de fácil adaptación, aunque crece mejor a una temperatura de entre 15 °C y 25 °C. Este cultivo soporta mejor las temperaturas bajas que las altas pues se trata de un vegetal de estación fresca que tolera heladas ligeras.

Según Infojardin (2003), la escarola es un cultivo de estación fresca, que crece mejor a temperatura de 10 °C - 20 °C, pero tolera heladas ligeras y que el amargor suele aumentar con temperaturas elevadas.

2.7.2. Humedad

Infoagro (2003), menciona que la escarola es una planta muy sensible a la falta de humedad, ya que esta reducción puede provocar la subida de flor.

Según Ecured (2010), debido a que el sistema radicular de la escarola es muy reducido en comparación con la parte aérea, es muy sensible a la falta de humedad y soporta mal los periodos de sequía, por breves que sean, pues pueden dar lugar a "tip burn" y favorecer la "subida de flor". Por lo tanto, la humedad del suelo debe mantenerse siempre cerca del 60% de su capacidad de campo, en los primeros 30 cm de suelo.

2.7.3. Suelo

Infoagro (2003), indica que los mejores suelos para este cultivo son los de textura franco arcillosa y admite mejor la acidez que la alcalinidad, menciona que el pH óptimo estaría entre 6.

2.8. Requerimientos nutricionales

Los requerimientos del cultivo en condiciones normales son: nitrógeno 90 kg/ha, fósforo 35 kg/ha y potasio 160 kg/ha (Avila, 2015).

En el Cuadro 3, se muestra el requerimiento nutricional de la escarola, se tiene la siguiente clasificación:

Cuadro 3. Requerimiento nutricional para el cultivo de escarola

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	S	Mn	Cu	Mo
mg/100g	150	35	270	36	14	1.1	0.4	65	0.1	0.1	0.1

Fuente: Souci (2008).

2.9. Prácticas culturales del cultivo de la escarola bajo invernadero

2.9.1. Almacigo

Las semillas de la escarola son muy pequeñas, una vez colocadas las semillas en la almaciguera se debe cubrir con una ligera capa de tierra para que no tengan problemas de germinación, finalmente se debe regar suavemente para evitar que las semillas se hundan o floten, el sustrato de la almaciguera debe estar conformado por tierra fina, arena y abono orgánico, las plántulas permanecerán en el semillero entre 30 - 35 días en el almacigo de donde se trasplanta cuando tiene cuatro a seis hojas (Agroempresario, 2024).

2.9.2. Trasplante

Semillas (2020), indica que al mes de la siembra en la almaciguera las plántulas se sacan al exterior en cuanto esté bien formado, con buenas raíces que eviten que se desmorone el sustrato, ya estaría listo para su trasplante el cual se realiza extrayendo con cuidado las plántulas.

2.9.3. Control de malezas

El control de las malas hierbas se deberá realizar de manera integrada, procurando minimizar el impacto ambiental de las operaciones de escarda, lo cual se considera importante realizar el deshierbe una a dos veces durante el cultivo (Cotrina, 2021).

Huertos (2024), indica realizar el control de malezas o arranque de malas hierbas manualmente en el terreno mejorar la producción del cultivo.

2.9.4. Riego

Clemente (2012), señala que tras el trasplante debemos cuidar los riegos para mantener la humedad del suelo y favorecer el arraigue y el desarrollo radicular, desde el principio del cultivo, necesitando la escarola un aporte regular de humedad. Es recomendable regar a primera hora de la mañana. Si se riega cuando hay temperatura elevada, se pueden producir quemaduras en las hojas y desequilibrios en su vegetación.

Hochmuth (2010), menciona que la escarola es un cultivo de ciclo relativamente corto (60-90 días) y tiene una moderada a alta demanda de agua, necesita entre 350 a 450 mm de riego a lo largo de todo su ciclo de cultivo para lograr un buen desarrollo y rendimiento. Una deficiencia o exceso de agua puede afectar negativamente al cultivo.

AgroHuerto (2021), indica que la endivia (Escarola) es una hortaliza que va a necesitar que incorporemos riego, procurando que el terreno no llegue a encharcarse, ya que podría dar lugar a enfermedades de la raíz y a una mayor incidencia de hongos. Por ello, lo ideal sería utilizar riego por goteo. Entre las ventajas del riego a goteo está su versatilidad (se puede regular la separación entre goteros en función del tamaño y distancia entre plantas) o el ahorro de agua que supone (sin pérdidas por evaporación o escorrentía).

2.9.5. Cosecha

Según Infojardin (2007), la cosecha del cultivo de escarola esta entre 7 y 13 semanas después de sembrar, según el cultivar y la estación, también se puede cortar hojas individuales o toda la corona para que la planta vuelva a brotar.

Smith (2022), indica que la cosecha de la escarola generalmente se realiza entre 60 y 100 días después de la siembra, dependiendo de la variedad específica y las condiciones de cultivo.

2.9.6. Rendimiento

Pino citado por Montalvo (2018), menciona que la cosecha puede ser por extracción de la planta con raíz o por cortes al ras del suelo (tiene relativamente buena capacidad de rebrote), se cosecha cuando la hoja es aún joven. El rendimiento es de 7.5 a 28 t/ha, que puede variar según la época del año, el número de cortes, tamaño de hoja a cosecha, la variedad y la densidad de plantas.

Torres (2021), indica que en su investigación con respecto al rendimiento del cultivo de escarola obtuvo valores de 10 a 20 t/ha con la aplicación de compost en ambiente protegido.

2.10. Abonos orgánicos

Salazar (2021), indica que los abonos orgánicos mejoran la calidad del suelo, tanto en su estructura como en la fertilidad, incorporando nutrientes y microorganismos beneficiosos para la producción agrícola.

2.10.1. Tipos de abonos orgánicos

Aruquipa (2021), señala que los abonos de mayor aplicación son:

- Humus de lombriz: Este es un tipo de compost que se obtiene con la ayuda digestiva de las lombrices, aporta nutrientes nitrógeno, hormonas, etc.
- Abono verde: Este abono consiste en plantas que crecen rápidamente, las plantas más comunes son las leguminosas, estas almacenan nitrógenos en las raíces.
- Estiércol: Proviene de las heces de animales como ovejas, caballos, gallinas etc., hace que prolifere la vida de los microorganismos y favorece a la fertilidad de la tierra.
- Turba: Este es un abono compuesto por carbón fósil derivado de los desechos vegetales que se encuentran en sitios de bajas temperaturas.
- Algas marinas: Estas contienen muchos de minerales, vitaminas, oligoelementos y enzimas.

2.10.2. Humus de lombriz

Marquez (2020), Indica que la producción de humus de lombriz, también conocido como vermicompost, es un proceso natural de descomposición de materia orgánica facilitado por lombrices. Este proceso incluye la selección de lombrices, preparación del contenedor, adición de materia orgánica, mantenimiento de la humedad, alimentación regular, y cosecha del humus.

La lombriz succiona su alimento, por ende, el lecho debe estar siempre húmedo, como referencia la humedad que se requiere para que la lombriz pueda realizar sus procesos vitales es del 70% a 80%. Se debe regar periódicamente de forma suave; el riego puede hacerse con manguera o regadera (Castillo, 2017).

El humus de lombriz es el resultado de la digestión de materia orgánica (compost, estiércol descompuesto, vegetales, etc.) por las lombrices, obteniéndose uno de los abonos orgánicos de mejor calidad. El humus aporta nutrientes al suelo (Nitrógeno, Fosforo, Potasio), mejora su calidad física, química y biológica (Rodríguez, 2018).

2.10.3. Composición química del humus de lombriz

En el Cuadro 4, se identifica la siguiente composición química del humus de lombriz, dependiendo a factores como la temperatura, pH_a, aireación, espacio libre, etc.

Cuadro 4. Composición química del humus de lombriz

Elementos	Concentración %
Humedad	30 - 60
pH _a	6.8 - 7.2
Nitrógeno	1 - 2.6
Fósforo	2 - 8
Potasio	1 - 2.5
Calcio	2 - 8
Magnesio	1 - 25
Materia Orgánica	30 - 70
Carbono orgánico	14 - 30
Ácidos húmicos	2.8 - 5.8
Sodio	0.02
Cobre	0.05
Hierro	0.02
Manganeso	0.0006

Fuente: Díaz (2002).

2.10.4. Características del humus de lombriz

Villalba citado por Bautista (2018), identifica que una comparación entre el humus de lombriz y otros abonos orgánicos en la cual resalta las siguientes características:

- Es muy concentrado (1 tonelada de humus de lombriz equivale a 10 toneladas de estiércol).
- No se pierde el nitrógeno por la descomposición.
- El fósforo es asimilable en los estiércoles.

- Tiene un alto contenido de microorganismos y enzimas que ayudan en la desintegración de la materia orgánica (la carga bacteriana es un billón por gramo).
- Tiene un alto contenido de auxinas y hormonas vegetales que influyen de manera positiva en el crecimiento de las plantas.
- Tiene un pH estable entre 6.

2.10.5. Principales efectos del humus de lombriz

Amachuy (2013), señala que la acción del humus de lombriz hace posible que los suelos que contienen, presenten una mejor estructura debido a que actúa como agente entre las partículas del suelo, dando origen a estructuras granulares, que permiten:

- Mejorar el desarrollo radicular.
- Aumenta la oxidación de la materia orgánica y, por consiguiente, la entrega de nutrientes, en forma químicas que las plantas pueden asimilar.
- Emplear en cualquier dosis sin quemar, ni dañar a la planta más delicada, en razón que su pH es neutro.
- Estimula la fertilidad del suelo.
- Regenera la flora bacteriana del suelo.
- Permite el riego menos frecuente.
- Devuelve el vigor a las plantas dañada.
- Evita el Shock en el trasplante.

2.10.6. Aplicación y dosificación de humus de lombriz

Portalfruticula (2008), postula que, al realizar la siembra o plantación, la aplicación del humus de lombriz debe ser colocado en el fondo del hueco de cultivo en una cantidad aproximada de 100 g; puede variar de acuerdo a las exigencias de la especie para favorecer el crecimiento y enraizamiento de la plántula.

Maroto (2002), indica que la dosis óptima de nitrógeno para el cultivo de escarola se encuentra entre 100 - 150 kg/ha. También señala que la dosis óptima de fósforo para el cultivo de escarola se encuentra entre 60 - 100 kg/ha de P_2O_5 . También menciona que la dosis óptima de potasio para el cultivo de escarola se encuentra entre 100 - 200 kg/ha de K_2O .

2.11. Características generales de los ambientes protegidos

Bautista (2018), indica que las carpas solares surgen en el país como una respuesta a la frustración de no poder encarar problemas estructurales en el altiplano. Sin embargo, aunque los ambientes atemperados no pueden solucionar problemas de fondo, sí pueden tener una función como componente de desarrollo.

Hartmann citado por Calizaya (2016), puntualiza que la carpa solar es una construcción más sofisticada que otros ambientes atemperados, permitiendo la producción de cultivos más delicados. En el altiplano boliviano, se han desarrollado varios tipos, como el "túnel", "medio túnel" y "media agua". Generalmente, su construcción es sencilla, utilizando adobes para los muros, madera o fierro para el armazón del techo y agrofilm o calamina plástica para la cubierta.

2.12. Producción bajo invernadero

García (2020), señala que los invernaderos ofrecen muchas ventajas, como mayor control sanitario, mejora de las producciones y calidad. En términos de épocas de producción, permiten adelantar las fechas de siembra o trasplante, prolongar los periodos de cosecha y acortar los ciclos de cultivo. Además, posibilitan la producción fuera de temporada, obteniendo mejores precios y facilitando el cultivo de especies en épocas con alto riesgo al aire libre.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica

Esta investigación fue realizada en dependencias de la Universidad Pública de El Alto UPEA ubicado en la Sede Kallutaca, provincia Los Andes, que se encuentra a 13.5 km, de la oficina central de UPEA Quiape (2020), corroborado ínsito se tienen las siguientes coordenadas de Latitud Sur “-16°52’42.20”, Longitud Oeste “-68°30’77.02”, a una altitud de 3903 m.s.n.m. (Figura 1).

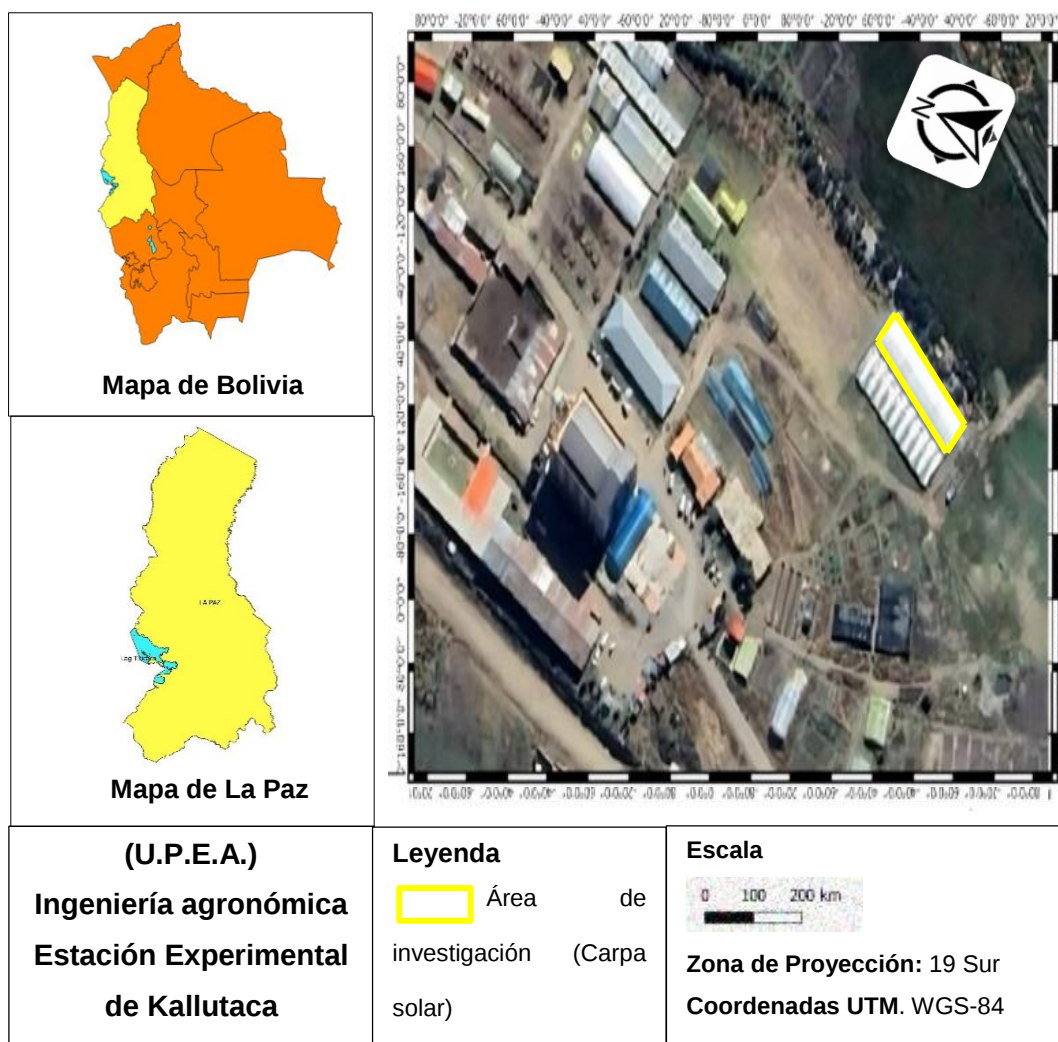


Figura 1. Mapa de Localización de la Estación Experimental de Kallutaca

3.2. Características Ecológicas

3.2.1. Clima

La provincia Los Andes se sitúa en la zona agro-ecológica del altiplano norte, esta región se caracteriza por ser húmeda, también en ella se encuentra el lago Titicaca y los glaciares de la cordillera Real (Quispe, 2013).

Gutiérrez (2012), indica que el clima de la zona se caracteriza por ser seco durante gran parte del año, pues la estación de lluvias es muy corta. Más del 60% de las precipitaciones pluviales tienen lugar entre los meses de diciembre a febrero.

En el Cuadro 5, podemos apreciar los datos reportados de octubre, noviembre y diciembre en el año 2023, en la estación meteorológica instalada en la estación experimental de kallutaca que se encuentra en alrededor de la carpa solar.

Cuadro 5. Temperatura máxima, mínima y media promedio de la Estación Experimental de Kallutaca

Mes	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura Máxima (°C)	16.7	19	17.5
Temperatura Mínima (°C)	2.7	4.33	6.21
Temperatura Media (°C)	9.7	11.7	11.8

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de temperatura fueron una máxima de 17.5 °C, mínima de 2.7 °C y media de 11.8 °C en promedio. Estos datos sugieren que las temperaturas tienden a aumentar gradualmente a medida que avanza de octubre a diciembre.

3.2.2. Suelo

La región de Kallutaca presenta suelos de formación fluvio-lacustre, texturalmente son suelos franco arcillosos con perfiles de horizontes distinguidos. Con una pendiente mínima de 1%, casi a nivel, el drenaje superficial es lento debido a su textura y pendiente (Guarachi, 2011).

3.2.3. Flora

El tipo de vegetación natural que presenta la región de Kallutaca está conformada por: thola (*Parastrephia lepidophylla*), gramíneas como chillihua (*Festuca dolychophylla*), crespillo (*Calamagrostis* sp.), grama (*Muhlenbergia* sp.), cola de ratón (*Hordeum muticum*), Cebadilla (*Bromus lenatus*), pilli (*Hipochoeria taraxacoides*) y alfombrilla (*Lucilia areioidea*), chiji (*Disticha*), totorilla (*Scirpus*) (Huaranca, 2015).

3.2.4. Fauna

Gutiérrez (2012), señala que en esta zona presentan animales domésticos como ser: vacuno, ovinos, gallinas, cuyes, patos y entre los animales silvestres se encuentran: gato silvestre (titi), cuis (pampa wuancu), patos silvestres.

3.3. Materiales

3.3.1. Material biológico

Semilla de escarola (*Cichorium endivia* L). var. latifolium Corneta de burdeos

3.3.2. Insumo

Humus de lombriz

3.3.3. Material de escritorio

- Cuaderno de datos
- Computadora portátil (laptop)
- Calculadora
- Cámara fotográfica digital
- Lápiz

3.3.4. Material de campo

- Cita métrica (50 cm)
- Balanza de analítica
- Motocultor
- Regla milimétrica

- Letreros
- Rastrillos
- Estacas
- Cinta de agua
- Overol
- Estacas de madera
- Cuchillo
- Carpa solar
- Navaja
- Bolsas platicas
- Pala
- Plantador de plantas
- Marbetes
- Balde
- Picotas
- Espátula
- Un par de guantes

3.4. Metodología

3.4.1. Desarrollo del ensayo

3.4.1.1. Características del invernadero

El área donde se realizó la investigación cuenta con las siguientes características generales: la carpa solar es de tipo túnel, con medidas de 38 m de largo, 10 m de ancho y 4 m de alto, alcanzando así una superficie total de 380 m². Las dos ventanas están ubicadas en la parte superior de la puerta y otra ventana en la parte superior del extremo del invernadero, con dimensiones de 1.5 m de largo y 1 m de ancho respectivamente. Además, la cubierta está hecha de agrofílm con un espesor de 250 micrones.

3.4.1.2. Almaciguera

Para la preparación del almacigado se inició con la preparación de 4 cajas de almaciguera con dimensiones de 50 cm por 50 cm cada una, en el cual se sembró 2 g de semillas, el

sustrato se preparó con la combinación de arena, tierra negra traída del lugar, turba y humus de lombriz obtenidos en una feria local de El Alto llamada “16 de julio”.

La preparación de la almaciguera fue realizada en las siguientes proporciones; 3 baldes de tierra del lugar, 2 balde arena y 1 balde de humus de lombriz, los cuales se desinfectaron previamente en la incorporación en la almaciguera para colocar las semillas de escarola en un centímetro de profundidad, luego se tapó cada almaciguera con una leve capa de tierra cernida para posteriormente realizar un riego levemente y al finalizar se cubrió al rededor con nailon plástico por 6 días hasta que emerjan las plántulas, la duración en almaciguera de la escarola fue de un mes hasta contar de 4 a 5 hojas.

3.4.1.3. Análisis del suelo

Antes de la siembra del material vegetal se realizó un muestreo de suelo de la carpa solar, al inicio se realizó el levantamiento de muestras de cada punto siguiendo el método de zigzag con una distancia por punto de 1 metro. Se realizó una perforación con una espátula previamente desinfectada con una profundidad de 30 cm, como se muestra en la Figura 2. Luego se realizó el levantamiento de todas las sub muestras del área en un lugar esterilizado para luego cuartear debidamente homogenizadas todas las sub muestras cuidadosamente para poder obtener un kilogramo de suelo de muestra representativa. Posteriormente se vertió la muestra representativa en una bolsa de muestreo con su respectiva etiqueta que contiene la información de la muestra, la cual fue enviada al Laboratorio de Suelos y Aguas para su respectivo análisis físico - químico, este laboratorio está ubicado en la Universidad Mayor de San Andrés de la facultad de Ingeniería agronómica de la ciudad de La Paz.



Figura 2. Recolección de la muestra representativa del suelo

3.4.1.4. Preparación del terreno

La preparación del suelo del área de estudio se realizó 15 días antes del trasplante. Al inicio, se llevó a cabo la limpieza del cultivo anterior de lechuga utilizando navajas. Posteriormente, se procedió al mullido del suelo para mejorar su textura, eliminando manualmente piedras y rastrojos del terreno con herramientas como la pala, el pico y el rastrillo.

Posteriormente se realizó el arado del suelo a una profundidad de 30 cm utilizando un motocultor y se agregó turba para mejorar la humedad del suelo y optimizar la adaptabilidad de las plántulas de escarola. Una vez concluida la preparación del suelo, se desinfectó toda el área de estudio.

3.4.1.5. Obtención del humus de lombriz

La obtención el humus de lombriz utilizado en la investigación, fue recolectado de la empresa de El Surco, ubicado en el municipio de Calamarca de la ciudad de El Alto - La Paz, Bolivia. Se prepararon lechos de compostaje con restos vegetales en carpas, se inocularon lombrices rojas californianas para convertir el material en humus y se añadió material orgánico periódicamente. Una vez maduro (con color oscuro y textura fina), el humus se cosechó, empaquetó y comercializó.

3.4.1.6. Instalación de cinta de goteo

Inicialmente, se instaló la válvula programable modelo PG-6050, la cual, según VYR (2024), cuenta con las siguientes características:

- Funciona con 2 baterías AAA de 1,5 V alcalina.
- Tiene conexión superior para grifo de 3/4" o 1" con ajuste rotativo y juntas de caucho para su ajuste y sellado.
- Apertura y cierre manual del programador.
- Tiene mandos mecánicos rotativos.
- Número de programas: un programa secuencial.
- Número de inicios: Hasta 360 inicios diarios dependiendo de la frecuencia de riego.
- Tiempos de programación: desde 1 min. hasta 10 horas.
- Tiene mandos mecánicos rotativos.

Después se procedió a la instalación de cinta de goteo, colocándola con una separación entre cintas de 50 cm y 30 cm entre emisores (puntos de goteo) en cada tratamiento de estudio. Cada tratamiento utilizó 3 cintas de goteo, lo que resultó en un total de 21 emisores, por bloque se obtuvo 84 emisores con una longitud de 9 metros, en el área experimental se emplearon 252 emisores con un caudal de 0,32 lt/seg.

3.4.1.7. Aplicación de riego por cintas de goteo

Posteriormente se llevó a cabo la programación del riego en la etapa del desarrollo del cultivo de escarola, este sistema incluye el control automático de válvulas para gestionar tanto la frecuencia como la duración del riego automatizado que consistió de forma localizada gota a gota con un tiempo de 20 minutos al día, configurado para operar cada 24 hrs (cada día). La lámina de riego aplicada mediante riego diario fue de 0,4 mm/m² por día durante todo el desarrollo del cultivo que tuvo una duración de 60 días, esto sumó un total de 36 mm/m². En total se distribuyeron 41 litros de agua en el área de estudio, resultando en un promedio de 1,9 litros por planta durante el desarrollo del cultivo.

La aplicación de una lámina de riego mínima se explica por la ubicación del suelo cultivable que se encuentra sobre un área de bofedal al respecto Mitsch (2007), Indica que los bofedales están constantemente saturados de agua. Debido a la saturación de agua y las condiciones anaeróbicas, los suelos de bofedal acumulan grandes cantidades de materia orgánica. La saturación de agua limita la disponibilidad de oxígeno en el suelo, lo que afecta la respiración de las raíces de las plantas y la actividad microbiana. Esto también contribuye a la preservación de la materia orgánica acumulada.

3.4.1.8. Delimitación del área experimental

Se realizó la delimitación de la superficie de la investigación con ayuda de una cinta métrica y estacas para poder fijar la superficie de cada unidad experimental para el cultivo de escarola. Se contó con un área de 40.5 m², en la que cada unidad experimental cuenta con una superficie de 3.38 m², con dimensiones por unidad experimental de 2.25 m de largo y 1.50 m de ancho para las tres repeticiones.

3.4.1.9. Aplicación de humus de lombriz

La aplicación del humus de lombriz fue realizada de manera localizada antes del trasplante del cultivo de escarola Utilizando una balanza analítica, se puso la cantidad de humus de

lombriz en gramos para cada unidad experimental, En el tratamiento T_1 no se aplicó abono, En el tratamiento T_2 se aplicaron 100 g por cada 3.38 m², y se puso 8 g por planta, En el tratamiento el T_3 se aplicaron 150 g para cada 3.38 m², y por planta se puso 12 g. Finalmente, en el T_4 se aplicaron 200 g por cada 3.38 m² y se aplicó 16 g por planta, teniendo 42 plantas para cada uno de los tratamientos.

3.4.1.10. Trasplante

El trasplante se realizó a los 30 días después de la siembra en la almaciguera. Este procedimiento se inició con la separación manual de las plántulas con su propia tierra. Posteriormente, se realizó una perforación con un plantador de plantas y se procedió a verter la plántula, compactando la tierra en el cuello de cada planta de forma manual, cuando presentaban de 3 a 4 hojas para su trasplante.

3.4.1.11. Control de malezas y aporque

Los deshierbes se realizaron de manera manual cada dos semanas durante el ciclo del cultivo antes de la cosecha. Para eliminar plantas invasoras, entre ellas se encuentran las siguientes: diente de león (*Taraxacum officinale*), cebadilla (*Bromus unioloides*), lengua de vaca (*Rumex crispus* L.) y origa (*Urtica dioica* L.). Además, se realizó el cubrimiento del suelo alrededor de la planta, especialmente después de que se había formado la raíz. Esta práctica se llevó a cabo una vez al mes desde la siembra del cultivo.

3.4.1.12. Toma de datos

Se realizó la toma de datos un día antes de la cosecha, observando así el crecimiento del cultivo escarola con la ayuda de un libro de campo, se registraron los datos de las características agronómicas del estudio.

3.4.1.13. Cosecha

La cosecha se realizó con una navaja cuando las plantas alcanzaron una altura de 25 a 38 cm, considerada apropiada para la cosecha del cultivo. Cada unidad experimental se cosechó por completo, utilizando una balanza analítica para medir el rendimiento. Posteriormente, se procedió al lavado y empaquetado de la escarola para su venta, a un precio de 10 Bs por kilogramo.

3.4.2. Diseño experimental

El estudio ha sido empleado en base a un Diseño Bloques al Azar (DBA) donde se consideró tres repeticiones con cuatro tratamientos y un total de doce unidades experimentales (Ochoa, 2013).

Modelo lineal aditivo:

Dónde:

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

Y_{ij} = Una observación cualquiera de la variable de respuesta

μ = Media poblacional

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

α_i = Efecto del i-ésimo niveles de humus de lombriz

ε_{ij} = Error experimental

3.4.3. Tratamientos de estudio

Los tratamientos de estudio fueron:

Tratamiento 1: 0 g/planta (sin aplicación de humus de lombriz)

Tratamiento 2: 100 g de humus de lombriz/m²

Tratamiento 3: 150 g de humus de lombriz/m²

Tratamiento 4: 200 g de humus de lombriz/m²

3.4.4. Croquis del experimento

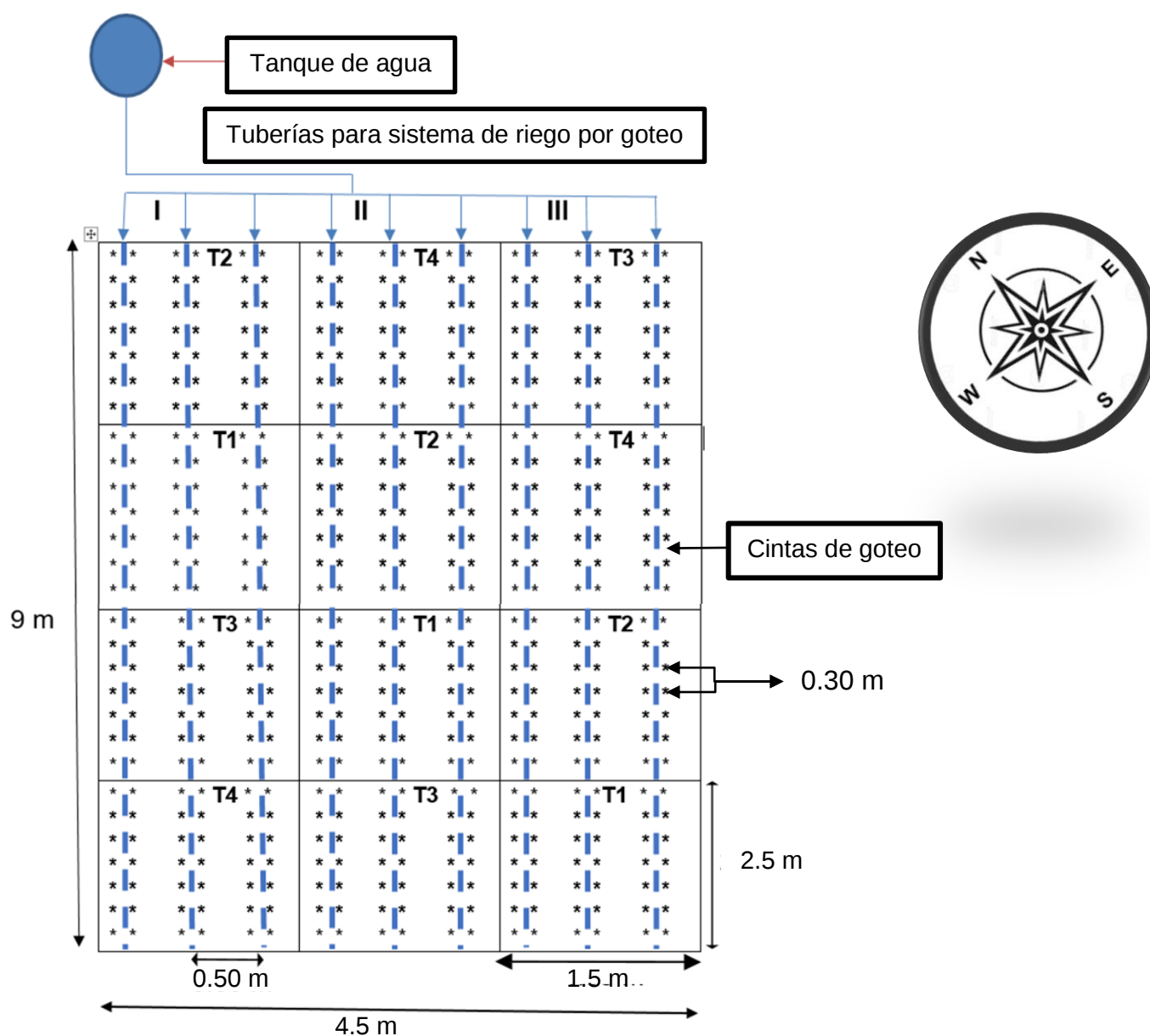


Figura 3. Croquis del experimento y distribución de los tratamientos

a) Área experimental:

Área total:	40,5 m ²
Largo del bloque:	9 m
Ancho del bloque:	4.5 m
Numero de repeticiones:	3
Numero de Tratamientos:	4

Distancia entre cintas:	0.50 m
Numero de cintas por bloque:	3
Distancia entre punto de goteo:	0.30 m

b) Área de la unidad experimental

Área de Unidad Experimental:	3.38 m ²
Largo de Unidad Experimental	2,25 m
Ancho de Unidad Experimental	1.5 m

3.4.5. Variables de respuesta

3.4.5.1. Altura de planta (cm)

En la etapa experimental, se realizó la evaluación de 8 muestras de plantas al azar por cada unidad experimental, el análisis del crecimiento del cultivo se realizó con ayuda de una regla milimétrica, expresados en cm hasta alcanzar una altura favorable para la posterior cosecha del cultivo. Los datos se registraron un día antes de concluir la cosecha para obtener una evaluación más precisa del cultivo.

3.4.5.2. Numero de hojas

Se contabilizo el número total de hojas por planta muestreada de cada unidad experimental un día antes de la cosecha.

3.4.5.3. Longitud de hoja (cm)

Para determinar la longitud de hoja, se procedió a medir desde la base del peciolo hasta el ápice de la hoja de cada una de las unidades experimentales, utilizando una regla milimétrica.

3.4.5.4. Peso de planta (g)

Para el peso de planta del cultivo de escarola, se procedió a cortar las hojas a nivel del suelo en el cuello de la planta de cada una de las muestras, expresados en g.

3.4.5.5. Rendimiento (t/ha)

Se evaluó la totalidad de plantas de estudio de cada unidad experimental para poder calcular el rendimiento total de cada tratamiento.

3.4.6. Análisis económico

El análisis económico se llevó a cabo con el objetivo de comparar los diferentes tratamientos aplicados con distintos niveles de humus de lombriz y determinar cuál de ellos generó el mayor beneficio en la producción de escarola, utilizando los rendimientos obtenidos de cada tratamiento para la evaluación.

El análisis económico del presente estudio se basó en función a es importante para conocer los costos de producción. Para determinar el beneficio costo se toma en consideración el ingreso bruto y el ingreso neto propuesta por Leyton (2000), de esta manera nos permite determinar si existe ganancia o pérdida.

- **Ingreso bruto**

El beneficio bruto es la relación del rendimiento ajustado multiplicado por el precio del producto en el mercado.

Determinado por la siguiente formula:

$$IB = R * P$$

Donde:

IB = Ingreso bruto

R = Rendimiento ajustado

P = Precio del producto en el mercado

- **Ingreso neto**

El ingreso neto es la relación del ingreso bruto que percibirá menos el total de los costos de producción.

Determinado por la siguiente formula:

$$IN = IB - CP$$

Donde:

IN = Ingreso Neto

IB = Ingreso Bruto

CP = Costo de Producción

- **Relación beneficio / costo**

Determinado por la siguiente formula:

$$\frac{B}{C} = IB / CTP$$

Donde:

B/C = Relación beneficio costo

IB = Ingreso bruto

CTP = Costo total de producción

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados derivados del presente trabajo de investigación, expresan los efectos de los factores en estudio, los cuales son descritos a continuación:

4.1. Comportamiento de la temperatura

Los datos de temperatura registrados durante la producción del cultivo de escarola, fueron tomadas con ayuda del termómetro digital, el cual recolecto temperaturas máximas y mínimas durante el día, ubicado en el centro de la carpa a una altura de 2 m.

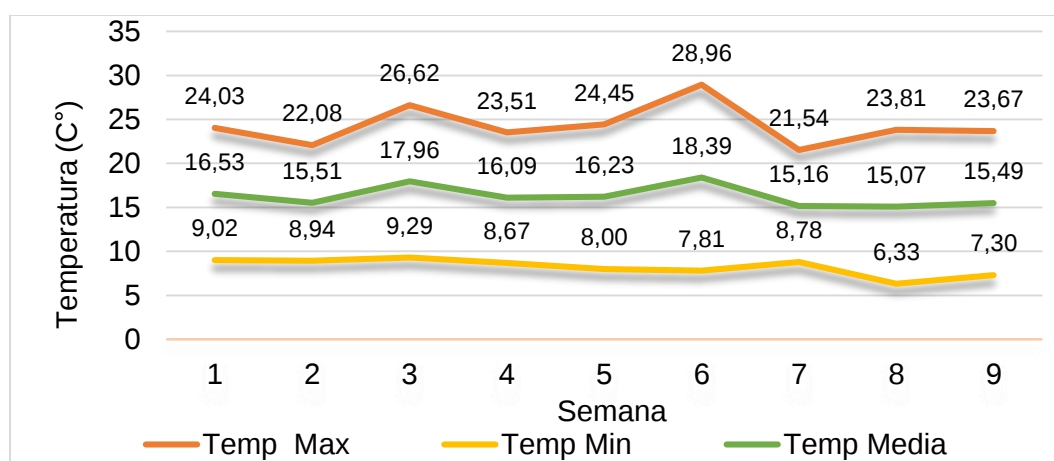


Figura 4. Temperaturas máximas, mínimas y media registrados en el ambiente controlado (Octubre a Diciembre de 2023)

En la Figura 4, se muestra el registro de temperaturas desde el 13 de octubre fecha que se realizó el trasplante del cultivo hasta el 14 de diciembre, fecha en el que se realizó la cosecha del cultivo. Se puede apreciar el comportamiento de la temperatura registrado al interior de la carpa, con una temperatura máxima de 28.96 °C, una temperatura mínima de 9.02 °C y una temperatura media de 18.39 °C durante el desarrollo del cultivo. Bajo estos rangos, las temperaturas no afectaron a la asimilación de nutrientes ni el desarrollo del cultivo.

Cabe mencionar que el cultivo estuvo en un ambiente protegido durante su ciclo de producción, teniendo en cuenta que se abrieron los laterales de ventilación para permitir la ventilación en los días de extrema radiación solar. Según los autores, la escarola puede tolerar temperaturas extremas oscilantes entre los parámetros aceptables en el cultivo de escarola.

De acuerdo a lo que recomienda Garcia (2023), para un crecimiento óptimo la temperatura estaría entre 15 y 25 °C puede tolerar hasta 5 °C. Así también señala Ecohortum (2013), que la escarola es una verdura de fácil adaptación, aunque crece mejor a una temperatura de entre 15 °C y 25 °C.

4.2. Características físico - químico del suelo

El análisis físico - químico de suelo realizado en el laboratorio de la facultad de agronomía en suelos y aguas (LAFASA), ubicado en la facultad de agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, realizado al inicio del trabajo de investigación donde se desarrolló el cultivo de escarola (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis físico – químico de suelo

Parámetro	Unidades	Resultados	Interpretación
pH_a	-	8.22	Básico, porque esta entre 7,5 a 8 pH,
Densidad aparente	g/cm^3	1.05	Buena porosidad en el suelo.
Porosidad	%	55	La porosidad en suelos arcillosos oscila entre 40 y 60 %, presenta una porosidad ideal.
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	4.35	Moderada, la salinidad del suelo se refiere a la cantidad de sales en la solución del suelo cerca de las raíces.
Potasio intercambiable	meq/100g S.	2.77	Muy alto, favorece el desarrollo de la raíz y acelera el crecimiento de la planta de forma saludable.
Nitrógeno total	%	0.48	Muy alto, es el nutrimento que más requieren las plantas.
Materia orgánica	%	7.70	Muy alto en el suelo lo cual es positivo ya que mejora la estructura del suelo.
Fosforo disponible	ppm	88.4	Muy alto, el fósforo es esencial para el desarrollo de las plantas.
Textura			
Arena	%	21	Son suelos con una capacidad de retención de agua moderada, que no retienen agua en exceso ni la drenan muy rápido, lo que hace favorable para cultivos.
Limo	%	45	
Arcilla	%	34	
Clase textural	-	Franco arcilloso	

Fuente: Elaboración propia.

Según Herogra (2020), las interpretaciones con los parámetros establecidos en el análisis del suelo son confiables.

Con respecto a los resultados del análisis de suelo físico – químico, presenta características positivas en el suelo. En general, indican condiciones favorables para la agricultura. La combinación de pH, buena estructura y porosidad, niveles suficientes de nutrientes esenciales, y una textura franco arcillosa proporciona una base sólida favorable para cultivos agrícolas.

4.2.1. Características químicas del humus de lombriz

Los resultados del análisis físico - químico del humus de lombriz realizado en el laboratorio de suelo y agua (LAFASA), se observan a continuación:

Cuadro 7. Análisis físico - químico del humus de lombriz

Parámetro	Unidad	Resultados
pH_a	-	7.6
Conductividad eléctrica	$\mu S/cm$	3000
Fosforo total	mg/kg	0.49
Materia orgánica	%	37
Nitrógeno total	%	1.3
Potasio total	mg/kg	0.57

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 7, presenta que el humus de lombriz tiene un pH_a de 7.6 es ligeramente alcalino. Una conductividad eléctrica de 3000 $\mu S/cm$ el cual se encuentra en un nivel alto en concentración de sales. El contenido de fósforo con 0.49 mg/kg pueden considerarse adecuados. La presencia de materia orgánica con 37 % es favorable para el suelo retiene agua y nutrientes, y proporciona un hábitat beneficioso para microorganismos. El nitrógeno total es de 1.3 % tiene un contenido bajo y también se observa el potasio de 0.57 mg/kg considerando un nivel bajo.

Melgarejo (2000), reporta elementos parecidos a los alcanzados en la presente investigación, como lo son el nitrógeno, fosforo, potasio, etc.

4.3. Variables de respuesta

4.3.1. Altura de planta (cm)

De acuerdo al análisis de varianza obtenidos para la variable altura de planta se muestra en el Cuadro 8, no existe diferencia significativa para bloques, así también existe una diferencia significativa para tratamientos. El coeficiente de variación fue 3.48 %, por lo cual se asume que los datos obtenidos en la carpa son confiables, ya que se encuentra en un nivel inferior en el coeficiente de variación de 30% (Leyton, 2000).

Cuadro 8. Análisis de la variable altura de planta (cm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	5,94	2	2,97	0,31	0,7418 NS
Tratamiento	146,64	3	48,88	5,17	0,0423 *
Error	56,78	6	9,46		
Total	209,36	11			

NS = No Significativo; * = Significativo

En la Figura 5, se diferenciaron dos grupos estadísticamente diferentes el primer grupo correspondiente al T₃ con 150 g de humus de lombriz/m² y el T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² con promedios similares superiores de 34,48 cm y 32,68 cm de altura de planta respectivamente, en relación al segundo grupo conformado por el T₂ con 100 g de humus de lombriz/m² mostro un valor intermedio de 27,8 cm de altura de planta y por último el T₁ con 0 g/planta (sin aplicación de humus de lombriz) con 25,41 cm el promedio más bajo.

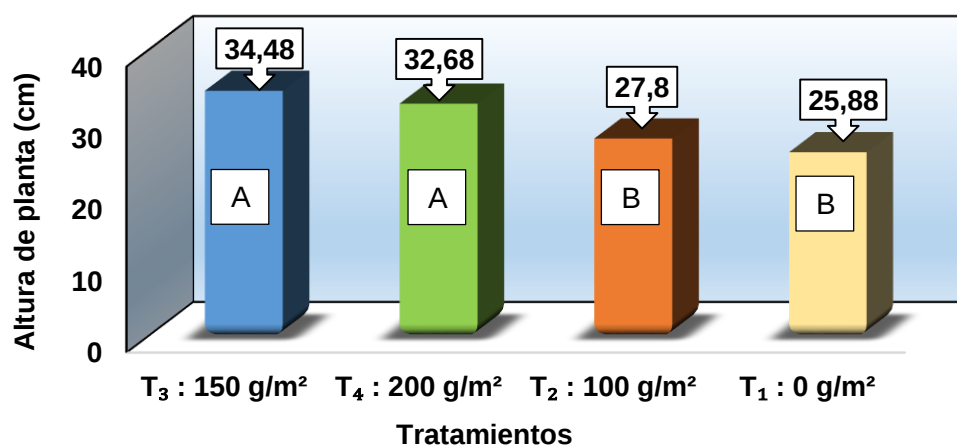


Figura 5. Diferencia estadística de altura de planta de los tratamientos

Los resultados del presente estudio mostraron variaciones en la altura de la planta tras la aplicación de niveles de humus de lombriz, esto se debe a la disponibilidad de nitrógeno

presentes en el suelo y en la aplicación de humus de lombriz que contribuyo al desarrollo y crecimiento de la planta.

Davis (2021), señala que obtuvo una altura promedio de la planta de escarola de 32 cm cuando se utilizó un abono orgánico a base de compost. Al respecto Rojas (2018), indica que con la aplicación de vermicompost (humus de lombriz) alcanzó una altura de planta de 40 cm en el cultivo de escarola. Así también Quispe (2014), señala que la característica de crecimiento en altura de planta está determinada por el carácter genético de cada variedad y las características ambientales, sustrato y la nutrición que se las proporciona a las plantas.

4.3.2. Número de hojas

El análisis de varianza para la variable número de hojas en el cultivo de escarola, se muestra en el Cuadro 9, a un nivel de significancia del 5% se observa que no existe diferencia significativa para bloques, sin embargo, existe diferencias significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue 9.73 %, por lo cual se confirma que los resultados de esta investigación son confiables.

Cuadro 9. Análisis varianza, variable número de hojas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	2,35	2	1,18	0,29	0,7595 NS
Tratamiento	105,05	3	35,02	8,58	0,0137 *
Error	24,48	6	4,08		
Total	131,88	11			

NS = No significativo; * = Significativo

Las medias de Duncan para la variable número de hojas en la Figura 6, se observa dos diferentes grupos, el primer grupo conformado por el T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² y el T₃ con 150 g de humus de lombriz/m² con 25 hojas y 23 hojas que alcanzaron los promedios más altos de manera correspondiente. Seguidamente el segundo grupo formado por el T₂ con 100 g de humus de lombriz/m² y el T₁ con 0 g/planta (sin aplicación de humus de lombriz) con 19 hojas y 17 hojas que obtuvieron promedios bajos respectivamente.

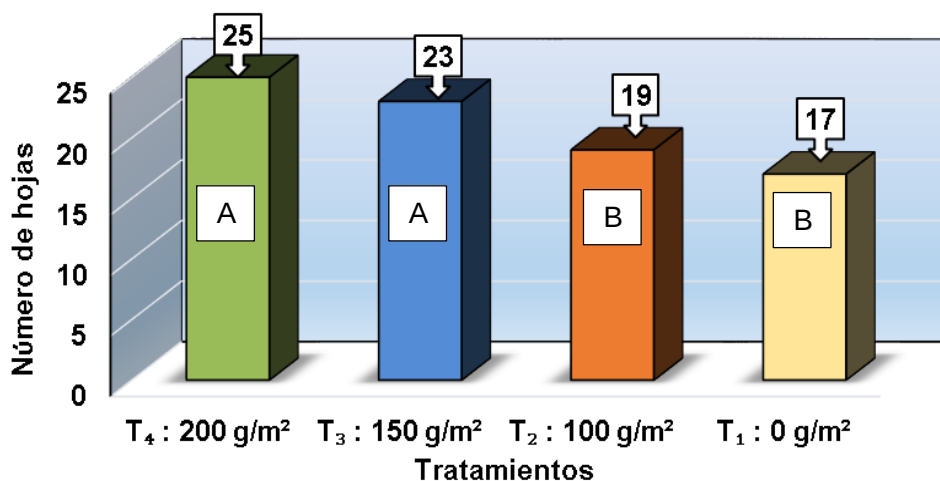


Figura 6. Prueba de Duncan para el número de hojas

La diferencia entre las plantas en el caso del T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² es el que proporciona una mayor cantidad de nitrógeno, lo cual ayuda a formar las hojas, por lo tanto, satisface las necesidades del cultivo. A si también aprovecha mejor los factores que se encuentran a disposición como ser la temperatura, suelo, agua, etc.

Perez (2018), indica que en su investigación con la aplicación abonos orgánicos reporto 28 hojas con la aplicación de compost en el cultivo de escarola. Por otro lado, FAO (2020), señala que la mayor producción de plantas depende de su potencialidad genética y de su capacidad para aprovechar mejor los factores ambientales (agua, energía solar, sustancias nutritivas, etc.).

4.3.3. Longitud de hoja (cm)

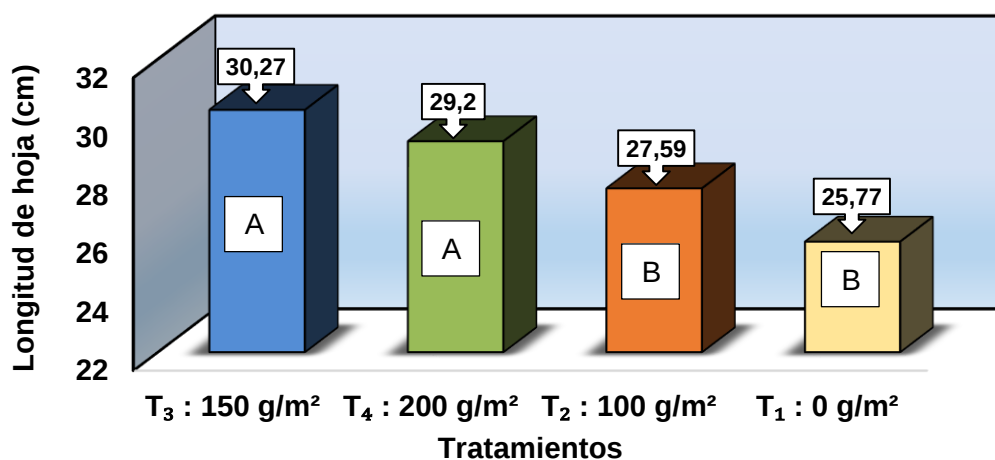
Los resultados del análisis de varianza para la variable de longitud de hoja, se muestra en el Cuadro 10, se aprecia que no existen diferencias significativas entre bloques. Pero existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, a lo indica que existe una diferencia en la cantidad de minerales y nutrientes que presenta el humus de lombriz aplicado en las diferentes unidades experimentales. El coeficiente de variación fue 3.30 %, por lo cual se asume que los datos obtenidos son confiables, lo que indica que el manejo en las diferentes unidades experimentales es aceptable.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la longitud de hoja de escarola

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	4,55	2	2,28	2,62	0,1520 NS
Tratamiento	34,72	3	11,57	13,33	0,0046 **
Error	5,21	6	0,87		
Total	44,48	11			

NS = No significativo; **= Altamente significativo

De acuerdo de la prueba de Duncan para la longitud de hoja en la Figura 7, se muestra la formación de dos grupos, donde el primer grupo está conformado por el T₃ con 150 g de humus de lombriz/m² y T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² que registraron resultados superiores de 30,27 cm y 29,2 cm del largo de la hoja con los mejores promedios. En cambio el segundo grupo formado por los tratamientos T₂ con 100 g de humus de lombriz/m² y T₁ con 0 g/planta (sin aplicación de humus de lombriz) con 27,59 cm y 25,77 cm del largo de la hoja respectivamente con los valores más bajos en la investigación.

**Figura 7. Diferencia estadística de la longitud de hoja**

Según los datos obtenidos para la longitud de hoja el T₃ con 150 g de humus de lombriz/m² obtuvo 30,27 cm con relación a los demás tratamientos, el uso de este nivel permitió un buen aprovechamiento de los nutrientes y también las condiciones climáticas fueron favorables para el desarrollo de la hoja.

Carvalho (2004), señala que la longitud de hoja de escarola con aplicación de abono a base de guano llegó a obtener 27 cm. También Zamora (2020), señala que en su investigación de comparación de abonos orgánico y químicos reportó una longitud de hoja de 30 cm. Al respecto Gonzalo (2014), indica que es importante considerar el nivel de aplicación de nutrientes presentes en los abonos orgánicos, ya que este factor interviene de manera

directa en el desarrollo de la longitud de las hojas de la planta. Esto, a su vez, tiene una influencia importante en el rendimiento final del cultivo.

4.3.4. Peso de planta (g)

En el Cuadro 11, se presenta los siguientes resultados obtenidos en el análisis de varianza con respecto a la variable del peso de planta (g), para bloques no presentaron diferencias significativas y tratamientos presentaron diferencias significativas, el coeficiente de variación fue 12.17 %, por lo cual se asume que los datos obtenidos son confiables.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable peso de planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	224,02	2	112,01	0,48	0,6427 NS
Tratamiento	3975,98	3	1325,33	5,64	0,0352 *
Error	1411,13	6	235,19		
Total	5611,13	11			

NS = No significativo; * = Significativo

De acuerdo a los valores de peso de planta en la Figura 8, se observa dos grupos diferentes que presentaron diferencias significativas, el primer grupo se encuentra el T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² alcanzo un promedio de 145,5 g por planta y el T₃ con 150 g de humus de lombriz/ m² llego a obtener 138,0 g por planta, el T₂ con 100 g de humus de lombriz/m² con 122,7 y por último el segundo grupo formado por el T₁ con 0 g/planta (sin aplicación de humus de lombriz) con 97,9 g fue el menor promedio de peso de planta.

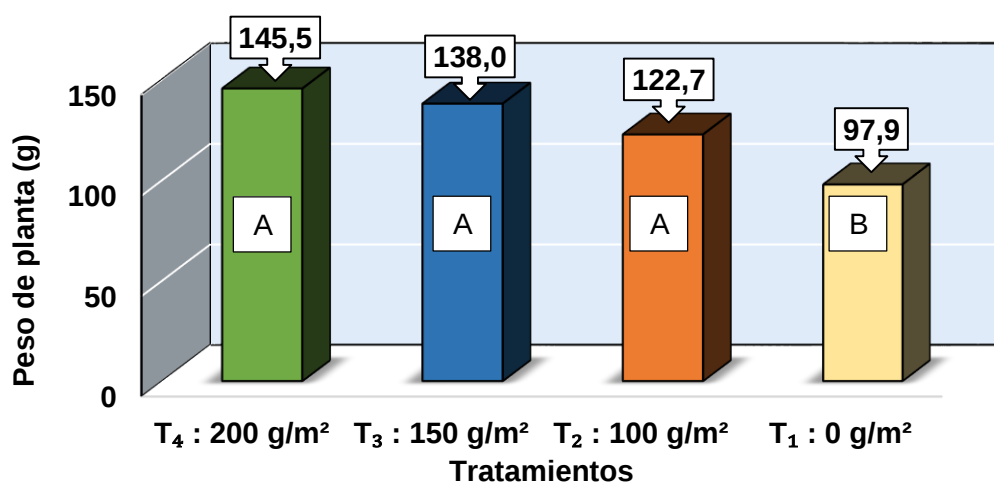


Figura 8. Comparación del peso de planta

Como se puede observar la existe diferencia significativa en los resultados para el peso de planta, con una aplicación de diferentes niveles de humus de lombriz, demostrando que la aplicación en diferentes niveles de humus de lombriz posiblemente tuvo una influencia con relación al peso de planta, como también podría relacionarse a las características morfológicas del cultivo en el ambiente de la investigación.

Al respecto Johnson (2023), manifiesta un mayor peso con el T₅ que corresponde a la incorporación de compost que obtuvo un peso de 130 g. Así también Quino (2008), indica que un cultivo debe tener una buena fertilización ya que este depende el desarrollo del cultivo.

4.3.5. Rendimiento (t/ha)

El análisis de varianza (ANVA), para la variable rendimiento se muestra en el Cuadro 12, con un nivel de significancia del 5%, los siguientes resultados donde no existe diferencias significativas para los bloques y tratamientos lo cual no se realizó prueba de Duncan, el coeficiente de variación fue 12,21 %, nos indica que los datos son confiables y están en el rango establecido menor a 30%.

Cuadro 12. Comparación de medias de la variable rendimiento t/ha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	1,53	2	0,77	0,47	0,6479 NS
Tratamiento	24,25	3	8,08	4,93	0,0465 *
Error	9,83	6	1,64		
Total	37,61	11			

NS = No significativo; * = Significativo

Los resultados del rendimiento en la Figura 9, mostraron dos grupos numéricamente diferentes donde presentaron diferencias significativas, el primer grupo correspondientes para el T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² mostro un promedio 11,97 t/ha y el T₃ con 150 g de humus de lombriz/m² obtuvo 11,35 t/ha, y el segundo grupo correspondiente al T₂ con 100 g de humus de lombriz/m² con 10,39 t/ha y finalmente el T₁ con 0 g de humus de lombriz/m² con un promedio de 8,22 t/ha de rendimiento.

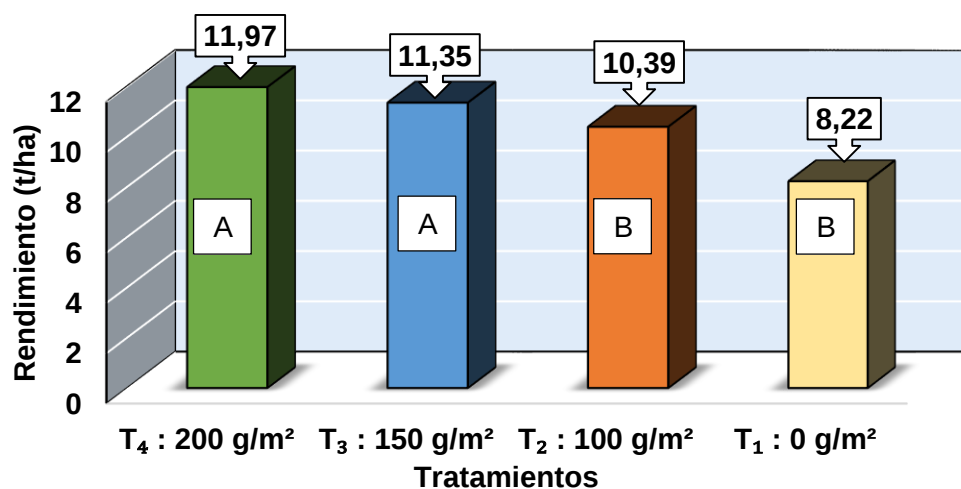


Figura 9. Diferencia matemática del rendimiento (t/ha) de los tratamientos

El resultado obtenido en relación al rendimiento del cultivo de escarola esto probablemente se debió principalmente a la presencia del buen desarrollo foliar, mayor número de hojas en condiciones climáticas de ambiente protegido, buena asimilación de nutrientes en el suelo y humus de lombriz lo cual permitieron obtener un rendimiento superior a los demás tratamientos.

Al respecto Torres (2021), indica que el rendimiento de la escarola es de 10 t/ha con la aplicación de compost. Por otro lado, estudios realizados por Montalvo (2018), menciona que el rendimiento es de 15.2 t/ha con la aplicación de abono foliar a base de humus de lombriz, que puede variar según la época del año, el número de cortes, tamaño de hoja a cosecha, la variedad y la densidad de plantas.

4.3.6. Análisis económico

En el presente trabajo de investigación se realizó el análisis económico, donde describimos a los parámetros relevantes para determinar la rentabilidad o no rentabilidad de la producción del cultivo de escarola con la aplicación de humus de lombriz en la Estación Experimental de Kallutaca.

4.3.6.1. Beneficio bruto

En la investigación se determinó multiplicando el rendimiento ajustado del 10 % por el precio promedio de kilogramo de la escarola, como referencia se indica que el precio promedio en de 1 kg es de Bs 10 (Según información del Hipermaxi de la Ciudad de La Paz).

Cuadro 13. Calculo del beneficio bruto

Tratamiento	Rendimiento ajustado (Kg)	Precio (Bs/kg)	Beneficio bruto
T ₁	7,81	10	78,10
T ₂	9,87	10	98,70
T ₃	10,78	10	107,80
T ₄	11,37	10	113,70

En el Cuadro 13, se observa el rendimiento de la escarola de los cuatro tratamientos de estudio, con el objetivo de mostrar el rendimiento experimental para que el productor determine que podría obtener con la implantación de los tratamientos, teniendo en cuenta que se efectuó un manejo adecuado del cultivo de escarola con una reducción del 5 % en el rendimiento ajustado, como también se muestra el precio en kilogramo y el beneficio bruto reflejado en bolivianos. En el presente análisis económico nos muestra claramente que el tratamiento T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² obtuvo reportar mayores beneficios bruto de Bs 113,70 en cambio el tratamiento T₁ con 0 g/planta (sin aplicación de humus de lombriz) presenta el valor más inferior en rendimiento con Bs 78,10 lo que indica que con la aplicación de los diferentes niveles de humus de lombriz es más beneficioso para los tratamientos.

4.3.6.2. Beneficio neto

En el siguiente Cuadro 14, presentamos los resultados de beneficio neto, que se obtiene de la resta del beneficio bruto menos el costo de producción.

Cuadro 14. Calculo del beneficio neto

Tratamientos	Beneficio bruto	Costos de producción	Beneficios neto
T ₁	76,10	69,52	6,58
T ₂	98,70	78,01	20,69
T ₃	107,80	81,56	26,24
T ₄	113,70	83,01	30,69

Establece que la segunda columna muestra el beneficio bruto de los cuatro tratamientos de estudio, como también en la tercera columna se observa los costos de producción. En la cuarta columna indica el beneficio neto que se obtuvo con la aplicación de humus de lombriz, que muestra que el tratamiento con mayor valor en beneficio neto es el T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² con un Bs 30,69. Por otra parte el valor más bajo representado

por el T₁ con 0 g/planta (sin aplicación de humus de lombriz) con un beneficio neto de Bs 6,58.

4.3.6.3. Relación beneficio/costo

La relación beneficio costo se muestra en el Cuadro 15, donde la relación de que un número mayor a 1 permite recuperar la inversión y permite obtener una ganancia, de esta manera donde sea igual a 1 solo se recupera la inversión inicial, se puede observar los siguientes resultados siendo el T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² obtuvo un valor alto en beneficio/costo de Bs 1.37, frente a los tratamientos el T₃ con 150 g de humus de lombriz/m² el T₂ con 100 g de humus de lombriz/m², T₁ con 0 g/planta (sin aplicación de humus de lombriz) con Bs 1.32, 1.27, 1.12, que significa que es recomendable el tratamiento T₃ con 150 g de humus de lombriz/m² para el productor, que al aplicar este nivel de humus de lombriz en el cultivo de escarola los rendimientos de este producto son mejores para poder obtener una rentabilidad aceptable.

Cuadro 15. Relación beneficio/costo

Tratamiento	Beneficio bruto	Costos de producción	Relación beneficio costo
T ₁	78,10	69,52	1,12
T ₂	98,70	78,01	1,27
T ₃	107,80	81,56	1,32
T ₄	113,70	83,01	1,37

5. CONCLUSIONES

Luego de realizar las observaciones de campo y una vez concluido los análisis estadísticos y el análisis económico, se desarrollan las siguientes conclusiones:

- En las variables agronómicas: la altura de planta mostro el mejor resultado con el T₃ con 150 g de humus de lombriz/m² de 38.48 cm a diferencia del T₁ con 0 g de humus de lombriz/m² que obtuvo un valor bajo de 25.88 cm. Al respecto la variable número de hojas para la escarola en la etapa del desarrollo se llegó a un alcance superior con la aplicación del T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² de 25 hojas a diferencia del T₁ con 0 g de humus de lombriz/m² el cual presento la menor cantidad de 17 hojas en las diferentes Unidades Experimentales.
- Cabe mencionar que la variable longitud de hoja reflejo que el tratamiento T₃ con 150 g de humus de lombriz/m² logro un valor mayor de 30,27 cm en la investigación, en cambio el tratamiento T₁ con 0 g de humus de lombriz/m² con un valor menor de 25,77 cm. En la variable peso de planta el tratamiento T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² llego a un alcance superior de 145,5 g a diferencia del tratamiento T₁ con 0 g de humus de lombriz/m² con 97,9 g.
- El mayor rendimiento en la producción de escarola es el tratamiento T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² con 11.97 t/ha, mientras que el T₁ con 0 g de humus de lombriz/m² fue el que tiene el menor valor de 8,22 t/ha en la investigación.
- Con respecto al Beneficio/Costo del presente trabajo de investigación todos los tratamientos son rentables en el cultivo de escarola, pero se puede apreciar el T₄ con 200 g de humus de lombriz/m² genero el mejor beneficio económico con Bs 1.37 a diferencia del T₁ con 0 g de humus de lombriz/m² que obtuvo un valor bajo de Bs 1.12, ya que el humus de lombriz causo efecto en el cultivo bajo las diferentes concentraciones.

6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos y conclusiones de la presente investigación se recomienda lo siguiente:

- En cuanto la dosis se recomienda 200 g de humus de lombriz/ m^2 en la variedad Corneta de burdeos, por que presentaron mejores características agronómicas (altura de planta, numero de hojas, longitud de hoja, peso de planta) empleados en la investigación.
- Se recomienda realizar trabajos similares en carpas solares en otras zonas, utilizando otras variedades de escarola con humus lombriz, con el objetivo de diferenciar en cual se obtiene mejores resultados.
- Se recomienda realizar estudios en dosis de abonamiento ya sea con el humus de lombriz u otros abonos orgánicos, para ver los efectos de esa manera aportar y validar información en el cultivo de escarola.
- Realizar una buena cosecha en tiempo oportuno, ya que al pasar el tiempo de cosecha las hojas se vuelven más amargas y menos apetitosas para el consumidor y una desventaja para el productor.
- Apoyar a los agricultores en el uso de abonos orgánicos para desarrollar una agricultura ecológica, para garantizar la sostenibilidad productiva, la seguridad alimentaria y la conservación de los recursos naturales.
- Realizar estudios económicos de la producción de escarola con relación a la lechuga por haberse observado en el mercado que en determinadas épocas la emplean como sustituto de la lechuga.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abcagro. 2013. El cultivo de escarola (*Cichorium endivia* L.) morfología. Madrid. Consultado 10 de abril del 2024. Disponible en <http://www.abcagro.com/hortalizas/escarola.asp>
- Ávila, E. 2015. Manual de lechuga (en línea), Bogotá, Colombia, CCB. 53 p.
- Agroempresario. 2024. Cultivo de escarola, cuidados y como obtener endibias. Consultado 14 de abril del 2024. Disponible en <https://agroempresario.com/publicacion/22654/cultivo-de-achicoria-cuidados-y-como-obtener-endibias/?cat=301>
- AgroHuerto. 2021. Como cultivar Endivias: Siembra, Riego, Abonado, Forzado y Cosecha. Consultado 1 de noviembre del 2023. Disponible en https://www.agrohuerto.com/como-cultivar-endivias-guia-completa/#google_vignette
- Aruquipa, O. 2021. Comportamiento agronómico de dos variedades de col rizada (*Brassica oleracea* var. *Sabellica*) bajo dos frecuencias de aplicación de caldo de humus de lombriz en el municipio de el alto, 22 - 121 p.
- Amachuy, A. 2013. Efecto de tres dosis de humus de lombriz provenientes de residuos sólidos orgánicos urbanos en el cultivo de acelga (*Beta Vulgares*) en la zona de mallasa. La paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés facultad de agronomía. 121 p.
- Bautista, R. 2018. Efecto de te de humus de lombriz en el cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) variedad Viroflay a diferente frecuencia de aplicacion en cota cota - La Paz 111 p.
- Calizaya, R. 2016. Comportamiento agronómico de dos variedades de escarola (*Cichorium endivia* L.) en tres densidades de siembra bajo ambientes atemperados en la localidad "warisata"- la paz. La paz, Bolivia. 64 p.
- Carvalho, L. R. 2009. Especializado en manejo agronómico y fertilización de de abonos orgánicos en la producción de escarola.
- Carrion, M. T. 2011. Cultivo de escarola (*Cichorium endivia* L.) en una zona vulnerable de contaminación por nitratos. Universidad de Almería.
- Castillo, C. 2017. Determinación de la calidad de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a partir de dos procesos en el tratamiento de alimento ofertado. La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 100 p.
- Clemente. 2012. Cómo cultivar escarolas. Consultado 2 de mayo del 2024. Disponible en https://www.clementeviven.com/cultivo_escarola.php
- Davis, R. 2021. Efecto del compost orgánico en el crecimiento de la escarola (*Cichorium endivia* L.). Revista Latinoamericana de Horticultura. 45 - 58.

- Cotrina, F. 2021. Hojas divulgatorias – Achicoria. Consultado 10 de marzo del 2024. Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hojas_materia.asp?materialid=ZZ0040765&materia=ACHICORIA
- Díaz. 2002. Lombricultura una alternativa de producción. Municipio Capital de La Rioja.
- Ecohortum. 2013. Como cultivar escarola. Consultado 11 de mayo del 2024. Disponible en <https://ecohortum.com/comocultivarescarola/#:~:text=La%20escarola%20es%20una%20verdura,fresca%20que%20tolera%20heladas%20ligeras.>
- Ecured. 2010. Escarola. Consultado 11 de mayo del 2024. Disponible en <https://www.ecured.cu/Escarola>
- Escalante, J. 2019. Escarola: conoce sus propiedades, beneficios y valor nutricional. Consultado 9 de abril del 2024. Disponible en <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20190107/453928278346/escarola-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html>
- Fandon. 2024. Cichorium endivia. Consultado 9 de abril del 2024. Disponible en https://apicultura.fandom.com/wiki/Cichorium_endivia
- Frank, H. A. 2002. Huerto: Guía completa para cultivar hortalizas en su huerto.
- FAO. 2020. Guía de Cultivo: Escarola. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Anuario Estadístico de la Producción Mundial de Cultivos. Roma, Italia. Roma - Italia.
- Galiaverde, F. 2001. Escarola (*Cichorium endivia*). Consultado 15 de marzo del 2024. Disponible en <https://www.fundaciongaliaverde.org/contfunda.html>
- García, J. 2023. Cultivo de escarola en invernadero: condiciones óptimas. Editorial agrícola.
- García, G. 2020. Cultivos hortícolas en invernadero. Tecnología Agroalimentaria. 20 - 25. Consultado 24 de junio del 2024. Disponible en <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=8128>
- Gil, N. 2022. Los beneficios de la escarola para la salud. Consultado de abril del 2024. Disponible en <https://canalsalud.img.es/blog/beneficios-achicoria-salud>
- Goyzueta, F. 2002. Abonado con humus de lombriz en cuatro tipos de hortaliza bajo carpa solar. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 117 p.
- González. 2018. Efecto del tipo de sustrato en el rendimiento de escarola bajo invernadero". Consultado 10 de mayo del 2024. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429018300123>

- Gonzalo, J. 2014. Efecto de abonos líquidos orgánicos en el cultivo de pak-choi (*Brassica chinensis* L.) bajo ambiente atemperado en el distrito seis en la ciudad de el alto. El Alto – Bolivia Universidad Pública de El Alto. 18 p.
- Guanche, A. 2015. Las lombrices y la agricultura España. 19 p.
- Guiaviveros. 2024. Variedad: Escarola lisa corneta de burdeos. Consultado 10 de marzo del 2024. Disponible en <https://www.guiaviveros.es/vegetales/escarola-hoja-lisa/corneta-de-burdeos/>
- Guarachi, E. 2011. Balance hídrico en el cultivo de papa bajo condiciones de drenaje sukakollus. La paz - Bolivia. Univesida Publica de El Alto. 96 p.
- Gutierrez, L. 2012. Efecto de dosis de frecuencia de aplicacion de biol en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.). En la comunidad San Cristobal, provincia Los Andes, Tiahuanaco. La Paz - Bolivia. Tesis de grado UCB.
- Herogra. 2020. Interpretación de análisis de suelo.
- Hochmuth, G. 2010. Principios de fertilización comercial de hortalizas. Universidad de Florida. 78 p.
- Hoffman, G. 2007. Diseño y operación de sistemas de riego agrícola 2ª ed. Sociedad.
- Huaranca, V. 2015. Evaluación del comportamiento productivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) a diferentes niveles de nitrógeno con fertirriego y su efecto residual en los frutos comerciales. Univesidad Mayor de San Andres. 121 p.
- Huertos. 2024. Como y que plantar el Cultivo de Escarola. Consultado 9 de junio del 2024. Disponible en <https://www.masquehuertos.com/que-cultivar/que-cultivar-en-huerto-urbano/cultivar-escarola/102.html>
- HocHarris, G. 2014. Jardinería de hortalizas: Una guía completa para cultivar tus propias hortalizas.
- Iculinaria. 2012. Escarola lisa fresco. España. Consultado 22 de junio del 2024. Disponible en <http://www.iculinaria.es/productos/1458-escarola+lisa+fresco>
- INE. 2020. Agricultura del instituto nacional de estadística. La Paz - Bolivia. Consultado 22 de junio del 2024. Disponible en <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura/#1559163131648-0ecfbd8f-c25a>
- Infoagro. 2003. Escarola. Consultado 11 de marzo del 2024. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/hortalizas/escarola.asp>
- Infojardin. 2007. Cultivo de escarola. Consultado 15 de marzo del 2024. Disponible en <https://articulos.infojardin.com/huerto/cultivo-escarola-escarolas.htm>
- Integra. 2021. Escarola. Consultado 16 de marzo del 2024. Disponible en https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2714&r=ReP-23612-DETALLE_REPORTAJESPADRE

- Johnson, A. 2023. Cultivo de escarola. Guía completa. Editorial Agrícola. 45 - 67 p.
- Kuepper, G. 2003. Programa de Agricultura Sostenible de ATTRA.
- Leyton, R. 2000. Relación Beneficio Costo (B/C): ejemplo en excel. Consultado 29 de abril del 2024. Disponible en <https://www.gestiopolis.com/calculo-de-la-relacion-beneficio-coste/>
- Llanque, R. 2009. Evaluación agronómica de variedades de escarola (*Cichorium endivia* L.) bajo distancias de siembra en qurpa-departamento de La Paz. La paz - Bolivia. 67 p.
- Mansilla, M. 2013. Determinación de la concentración de Nutrientes N, P, K en los residuos sólidos orgánicos selectivos provenientes del Mercado Ayaymaman, mediante la técnica del compostaje, Moyobamba. Tarapoto - Peru. Universidad Nacional de San Martín. 106 p.
- Márquez, A. 2020. Vermicompostaje: Producción de humus de lombriz para el cultivo sostenible.
- Melgarejo, M. 2000. Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales en humus de lombriz y composts derivados de diferentes sustratos. Revista Colombiana de Química. 14 p.
- Mercado, C. 2006. Escarola, ya las grandes propiedades de esta verdura. Consultado 23 de junio de 2024. Disponible en <https://www.mercadocalabajio.com/2006/10/escarola-acido-folico-en-estado-puro.html>
- Montalvo, B. 2018. "Rendimiento de biomasa verde de achicoria (*Cichorium intybus* L.) sometido a dos sistemas de siembra y tres tipos de abonos orgánicos, en el Sector Chabayan, Cantón Espejo, Provincia del Carchi".
- Maroto, J. V. 2002. Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundi-Prensa. 78 p.
- Ochoa, R. 2013. Introducción al manejo del SAS (Sistema de Análisis Estadístico). La Paz - Bolivia. 59 - 135 p.
- Orruel, F. 2006. Comportamiento agronomico de dos variedades de lechuga baby (*Lactuca sativa* L.) a tres densidades de cultivo en panqar huyus en la provincia Ingavi. Bolivia. UMSA.
- Paz, D. 2006. Efecto de fertilizantes químicos en la producción de variedades de papa (*Solanum tuberosum* L. ssp. andígena) a secano en Kallutaca, Provincia Los Andes. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andres.
- Perez, A. 2008. Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república dominicana Investigadores. República Dominicana. 92 p.

- Portagrano. 2024. Escarola características generales. España. Consultado 30 de mayo del 2024. Disponible en <https://portagrano.eu/portagrano.php>
- Portalfruticula. 2008. Cómo usar humus de lombriz en tu huerto. España.
- Quiape, C. 2020. "Evaluación agronómica de una variedades de pimentón (*Capsicum annuum* L.) en tres densidades de siembra en ambientes atemperados en la localidad de Kallutaca".
- Quino, M. 2008. Apuntes de Fertilidad y Nutrición Vegetal. La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andres.
- Quispe, N. 2013. Evaluacion de tres niveles de biol en el cultivo de alfaalfa (*Medicago sativa* L.). Comunidad de Kenakahua Alta del municipio de Pueto Perez. La Paz - Bolivia, UPEA.
- Quispe, S. 2014. Efecto de la aplicación de biol a diferentes dosis en dos variedades de coliflor (*Brassica oleracea* L. var. botrytis i.) bajo ambientes atemperados en las colinas (agrosol) municipio de La Paz. La Paz - Bolivia. UMSA.
- Rodriguez, P. 2018. Efecto del humus de lombriz en la remediación de suelos contaminado con crudo de petróleo. Tesis Agr. Pucallpa – Perú. Universidad Nacional de Ucayali. 81 p.
- Salazar, A. 2021. Abonos organicos. 44 p. Consultado 14 de agosto del 2024. Disponible en https://ico-bo.org/wp-content/uploads/2021/12/Abonos-organicos_ICO.pdf
- Saludteca. 2023. La achicoria y la escarola. Consultado 18 de abril del 2024. Disponible en <https://www.saludteca.es/achicoria-planta/>
- Semillas, C. 2020. La escarola. Consultado 18 de abril del 2024. Disponible en http://blog.clementeviven.com/?page_id=107#:~:text=El%20trasplante%20se%20realiza%20extrayendo,metro%20cuadrado%20puede%20ser%20razonable.
- Smith, J. 2022. Cosecha de la escarola tiempos de maduración según la variedad y condiciones de cultivo. Revista de Agricultura. 45 - 57 p.
- Souci, S. 2008. Tablas de composición y nutrición de los alimentos. Editores científicos de Medpharm.
- Torrez, P. 2021. Efecto del compost en el rendimiento de Cichorium endivia en suelos áridos. Revista de Agricultura Sostenible, 45 - 58 p.
- Torrico, D. 2002. Evaluación de variedades y densidades de avena forrajera (*Avena sativa*), en la granja Kallutaca, provincia Los Andes de La Paz. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, 23 p.
- USDA. 2012. Producción de Escarola y Endibia por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Estados Unidos.

- Vegaffinity. 2022. Escarola beneficios e información nutricional. Consultado 18 de abril del 2024. Disponible en <https://www.vegaffinity.com/comunidad/alimento/escarola-beneficios-informacion-nutricional--f128>
- Vera, P. 2017. Efecto del vermicompost en el crecimiento y desarrollo de la escarola (*Cichorium endivia*) bajo condiciones de invernadero.
- Westcot, D. 2000. Calidad del agua para la agricultura Roma. FAO. 1-109 p.
- Zamora, P. 2020. Evaluacion del abonos organico y quimicos en el cultivo de escarola. 42p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Características del invernadero



Anexo 2. Siembra del cultivo de escarola en almaciguera



Anexo 3. Desterronado y remoción del terreno con motocultor



Anexo 4. Desinfección del área de estudio



Anexo 5. Instalación de válvula programable



Anexo 6. Delimitación del área de estudio y tendido de cinta de riego por goteo



Anexo 7. Aplicación del humus de lombriz en las unidades experimentales**Anexo 8. Trasplante del cultivo de escarola**

Anexo 9. Toma y registro de datos del cultivo de escarola



Anexo 10. Cosecha del cultivo de escarola al concluir su ciclo



Anexo 11. Lavado y embolsado



Anexo 12. Compañeros tesistas



Anexo 13. Costos de producción del T₁

COSTO VARIABLES DE PRODUCCIÓN					
CONCEPTO		UNIDAD	CANTIDAD	COST/UNIT Bs.	COSTO TOTAL Bs.
INSUMOS					23,14
1	Semilla de escarola variedad Spadora fila	g	0,22	2,00	0,44
2	Bolsas de celofan para embolsado (100 unid)	pqt	0,31	20,00	6,20
3	Turba	saco	1	15,00	15,00
4	Humus	kg	0	7,00	0,00
5	Transporte de Insumos	glb	0,15	10,00	1,50
PREPARACIÓN DE ALMACIGUERAS					1,85
1	Adecuación de almaciguera	hr	0,05	10,00	0,50
2	Nivelado	hr	0,03	15,00	0,45
3	Abonado	hr	0,03	10,00	0,30
4	Siembra	hr	0,03	10,00	0,30
5	Riego	hr	0,03	10,00	0,30
PREPARACIÓN DE SUELOS					5,90
1	Limpieza de la parcela	hr	0,12	10,00	1,20
2	Preparado de suelo (labranza primaria Motocultor)	hr	0,05	30,00	1,50
3	Desterronado (manual)	hr	0,2	10,00	2,00
4	Abonado (humus)	hr	0	10,00	0,00
5	Nivelado (manual)	hr	0,12	10,00	1,20
RIEGO APERTURA DE CABEZALES					3,00
1	Tendido de cintas de goteo	hr	0,10	10,00	1,00
2	Mantenimiento de cintas de goteo	hr	0,10	10,00	1,00
3	Aplicación riego por goteo	hr	0,10	10,00	1,00
SIEMBRA					6,00
1	Siembra (Trasplante)	hr	0,6	10,00	6,00
LABORES CULTURALES					7,00
1	Riego (cada 2 días/30 minutos)	hr	0,5	10,00	5,00
2	Replante (Refalle)	hr	0,1	10,00	1,00
3	Deshierbe	hr	0,1	10,00	1,00
COSECHA					7,00
1	Corte de plantas	hr	0,3	10,00	3,00
2	Recolección de plantas	hr	0,3	10,00	3,00
3	Traslado a espacio de post cosecha	hr	0,1	10,00	1,00
POST COSECHA					3,60
1	Limpieza y embolsado	hr	0,3	10,00	3,00
2	Acomodo en canastas (Cajas)	hr	0,03	10,00	0,30
3	Entrega y envió	hr	0,03	10,00	0,30
COMERCIALIZACION MERCADO DE ABASTO					1,20
1	Transporte (Invernadero - mercado)	hr	0,03	10,00	0,30
2	Acomodo punto de venta	hr	0,03	10,00	0,30
3	Entrega a detallistas y consumidores	hr	0,03	10,00	0,30
4	Recojo y cargado de cajas	hr	0,03	10,00	0,30
5	Cobranzas	hr	0,03	10,00	0,30
TOTAL COSTO DIRECTO					58,69
1	Agua de riego (sistema de mantenimientos)	m3	0,1	2,00	0,20
2	Herramientas menores	glb	0,5	10,00	5,00
3	Alquiler (mes) carpa solar 1000m2	glb	0,01	500,00	5,63
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					10,83
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN (C.D.+C.I.)					69,52

Anexo 14. Costos de producción del T₂

COSTO VARIABLES DE PRODUCCIÓN					
CONCEPTO		UNIDAD	CANTIDAD	COST/UNIT	COSTO
INSUMOS					30,24
1	Semilla de escarola variedad Spadora fila	g	0,22	2,00	0,44
2	Bolsas de celofan para embolsado (100 unid)	pqt	0,31	20,00	6,20
3	Turba	saco	1	15,00	15,00
4	Humus	kg	1,014	7,00	7,10
5	Transporte de Insumos	glb	0,15	10,00	1,50
PREPARACIÓN DE ALMACIGUERAS					1,85
1	Adecuación de almaciguera	hr	0,05	10,00	0,50
2	Nivelado	hr	0,03	15,00	0,45
3	Abonado	hr	0,03	10,00	0,30
4	Siembra	hr	0,03	10,00	0,30
5	Riego	hr	0,03	10,00	0,30
PREPARACIÓN DE SUELOS					7,90
1	Limpieza de la parcela	hr	0,12	10,00	1,20
2	Preparado de suelo (labranza primaria Motocultor)	hr	0,05	30,00	1,50
3	Desterronado (manual)	hr	0,2	10,00	2,00
4	Abonado (humus)	hr	0,2	10,00	2,00
5	Nivelado (manual)	hr	0,12	10,00	1,20
RIEGO APERTURA DE CABEZALES					3,30
1	Tendido de cintas de goteo	hr	0,11	10,00	1,10
	Mantenimiento de cintas de goteo	hr	0,11	10,00	1,10
3	Aplicación riego por goteo	hr	0,11	10,00	1,10
SIEMBRA					6,00
1	Siembra (T rasplante)	hr	0,6	10,00	6,00
LABORES CULTURALES					6,10
1	Riego (cada 2 días/30 minutos)	hr	0,5	10,00	5,00
2	Replante (Refalle)	hr	0,01	10,00	0,10
4	Deshierbe	hr	0,1	10,00	1,00
COSECHA					7,00
1	Corte de plantas	hr	0,3	10,00	3,00
2	Recolección de plantas	hr	0,3	10,00	3,00
3	Traslado a espacio de post cosecha	hr	0,1	10,00	1,00
POST COSECHA					3,60
2	Limpieza y embolsado	hr	0,3	10,00	3,00
3	Acomodo en canastas (Cajas)	hr	0,03	10,00	0,30
4	Entrega y envió	hr	0,03	10,00	0,30
COMERCIALIZACION MERCADO DE ABASTO					1,20
1	Transporte (Invernadero - mercado)	hr	0,03	10,00	0,30
2	Acomodo punto de venta	hr	0,03	10,00	0,30
3	Entrega a detallistas y consumidores	hr	0,03	10,00	0,30
4	Recojo y cargado de cajas	hr	0,03	10,00	0,30
5	Cobranzas	hr	0,03	10,00	0,30
TOTAL COSTO DIRECTO					67,19
	Agua de riego (sistema de mantenimientos)	m3	0,1	2,00	0,20
	Herramientas menores	glb	0,5	10,00	5,00
	Alquiler (mes) carpa solar 1000m2	glb	0,01	500,00	5,63
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					10,83
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN (C.D.+C.I.)					78,01

Anexo 15. Costos de producción del T₃

COSTO VARIABLES DE PRODUCCIÓN					
CONCEPTO		UNIDAD	CANTIDAD	COST/UNIT	COSTO
INSUMOS					33,79
1	Semilla de escarola variedad Spadora fila	g	0,22	2,00	0,44
2	Bolsas de celofan para embolsado (100 unid)	pqt	0,31	20,00	6,20
3	Turba	saco	1	15,00	15,00
4	Humus	kg	1,521	7,00	10,65
5	Transporte de Insumos	glb	0,15	10,00	1,50
PREPARACIÓN DE ALMACIGUERAS					1,85
1	Adecuación de almaciguera	hr	0,05	10,00	0,50
2	Nivelado	hr	0,03	15,00	0,45
3	Abonado	hr	0,03	10,00	0,30
4	Siembra	hr	0,03	10,00	0,30
5	Riego	hr	0,03	10,00	0,30
PREPARACIÓN DE SUELOS					7,90
1	Limpieza de la parcela	hr	0,12	10,00	1,20
2	Preparado de suelo (labranza primaria Motocultor)	hr	0,05	30,00	1,50
3	Desterronado (manual)	hr	0,2	10,00	2,00
4	Abonado (humus)	hr	0,2	10,00	2,00
5	Nivelado (manual)	hr	0,12	10,00	1,20
RIEGO APERTURA DE CABEZALES					3,30
1	Tendido de cintas de goteo	hr	0,11	10,00	1,10
	Mantenimiento de cintas de goteo	hr	0,11	10,00	1,10
3	Aplicación riego por goteo	hr	0,11	10,00	1,10
SIEMBRA					6,00
1	Siembra (T rasplante)	hr	0,6	10,00	6,00
LABORES CULTURALES					6,10
1	Riego (cada 2 días/30 minutos)	hr	0,5	10,00	5,00
2	Replante (Refalle)	hr	0,01	10,00	0,10
4	Deshierbe	hr	0,1	10,00	1,00
COSECHA					7,00
1	Corte de plantas	hr	0,3	10,00	3,00
2	Recolección de plantas	hr	0,3	10,00	3,00
3	Traslado a espacio de post cosecha	hr	0,1	10,00	1,00
POST COSECHA					3,60
2	Limpieza y embolsado	hr	0,3	10,00	3,00
3	Acomodo en canastas (Cajas)	hr	0,03	10,00	0,30
4	Entrega y envió	hr	0,03	10,00	0,30
COMERCIALIZACION MERCADO DE ABASTO					1,20
1	Transporte (Invernadero - mercado)	hr	0,03	10,00	0,30
2	Acomodo punto de venta	hr	0,03	10,00	0,30
3	Entrega a detallistas y consumidores	hr	0,03	10,00	0,30
4	Recojo y cargado de cajas	hr	0,03	10,00	0,30
5	Cobranzas	hr	0,03	10,00	0,30
TOTAL COSTO DIRECTO					70,74
	Agua de riego (sistema de mantenimientos)	m3	0,1	2,00	0,20
	Herramientas menores	glb	0,5	10,00	5,00
	Aquiler (mes) carpa solar 1000m2	glb	0,01	500,00	5,63
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					10,83
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN (C.D.+C.I.)					81,56

Anexo 16. Costos de producción del T₄

COSTO VARIABLES DE PRODUCCIÓN					
CONCEPTO		UNIDAD	CANTIDAD	COST/UNIT	COSTO
INSUMOS					35,24
1	Semilla de escarola variedad Spadora fila	g	0,22	2,00	0,44
2	Bolsas de celofan para embolsado (100 unid)	pqt	0,31	20,00	6,20
3	Turba	saco	1	15,00	15,00
4	Humus	kg	1,728	7,00	12,10
5	Transporte de Insumos	glb	0,15	10,00	1,50
PREPARACIÓN DE ALMACIGUERAS					1,85
1	Adecuación de almaciguera	hr	0,05	10,00	0,50
2	Nivelado	hr	0,03	15,00	0,45
3	Abonado	hr	0,03	10,00	0,30
4	Siembra	hr	0,03	10,00	0,30
5	Riego	hr	0,03	10,00	0,30
PREPARACIÓN DE SUELOS					7,90
1	Limpieza de la parcela	hr	0,12	10,00	1,20
2	Preparado de suelo (labranza primaria Motocultor)	hr	0,05	30,00	1,50
3	Desterronado (manual)	hr	0,2	10,00	2,00
4	Abonado (humus)	hr	0,2	10,00	2,00
5	Nivelado (manual)	hr	0,12	10,00	1,20
RIEGO APERTURA DE CABEZALES					3,30
1	Tendido de cintas de goteo	hr	0,11	10,00	1,10
	Mantenimiento de cintas de goteo	hr	0,11	10,00	1,10
3	Aplicación riego por goteo	hr	0,11	10,00	1,10
SIEMBRA					6,00
1	Siembra (Trasplante)	hr	0,6	10,00	6,00
LABORES CULTURALES					6,10
1	Riego (cada 2 días/30 minutos)	hr	0,5	10,00	5,00
2	Replante (Refalle)	hr	0,01	10,00	0,10
4	Deshierbe	hr	0,1	10,00	1,00
COSECHA					7,00
1	Corte de plantas	hr	0,3	10,00	3,00
2	Recolección de plantas	hr	0,3	10,00	3,00
3	Traslado a espacio de post cosecha	hr	0,1	10,00	1,00
POST COSECHA					3,60
2	Limpieza y embolsado	hr	0,3	10,00	3,00
3	Acomodo en canastas (Cajas)	hr	0,03	10,00	0,30
4	Entrega y envió	hr	0,03	10,00	0,30
COMERCIALIZACION MERCADO DE ABASTO					1,20
1	Transporte (Invernadero - mercado)	hr	0,03	10,00	0,30
2	Acomodo punto de venta	hr	0,03	10,00	0,30
3	Entrega a detallistas y consumidores	hr	0,03	10,00	0,30
4	Recojo y cargado de cajas	hr	0,03	10,00	0,30
5	Cobranzas	hr	0,03	10,00	0,30
TOTAL COSTO DIRECTO					72,19
	Agua de riego (sistema de mantenimientos)	m3	0,1	2,00	0,20
	Herramientas menores	glb	0,5	10,00	5,00
	Alquiler (mes) carpa solar 1000m2	glb	0,01	500,00	5,63
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					10,83
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN (C.D.+C.I.)					83,01

Anexo 17. Cálculo de lámina de agua en el ciclo del cultivo de escarola

Datos

1min = 60 gotas

1 m² = 6.2 emisores (goteros)

1 gota = 0.05 ml

1.- Cálculo del volumen de agua por minuto

$$60 \text{ gotas/min} * 0.05 \text{ ml/gota} = 3 \text{ ml/min}$$

2.- Cálculo del volumen del agua por m² en 1 min

$$3 \text{ ml/min} * 6.2 \text{ goteros/m}^2 = 18.6 \text{ ml/min/m}^2$$

- Conversión de ml a lt

1 Lt = 1000 ml

$$L = 18.6 \text{ ml/min} * \frac{1 \text{ lt}}{1000 \text{ ml}} = 0.0186 \text{ lt/min/m}^2$$

3.- Cálculo del volumen de agua por m² en 1 hora

1 hr = 60 min

$$0.0186 \text{ lt/min} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} = 1.116 \text{ lt/hr}$$

1 lt = 1000 ml

$$1.116 \text{ lt} * \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ lt}} = 1116 \text{ ml/hr}$$

4.- Cálculo del volumen de agua por m² en 20 min

$$0.0186 \text{ lt/min} * 20 \text{ min} = 0.372 \text{ lt/m}^2 = 0.372 \text{ mm/m}^2 \quad \text{redondeado } 0.4 \text{ mm/m}^2$$

En un tiempo de 20 min se aplicó una lámina de 0.4 mm cada 24 hrs.

$$0.4 \text{ mm/dia} * 60 \text{ dias} = 24 \text{ mm/m}^2$$

Durante el ciclo de 60 días, se aplicaron 24 mm/m² de agua lo que significa 24 lt / m²

$$24 \text{ mm/m}^2 * 40.5 \text{ m}^2 = 972 \text{ lt}$$

Durante los 60 días en el cultivo de escarola, se utilizaron 972 litros de agua para regar una superficie de 40.5 metros cuadrados.

$$972 \text{ lt} / 504 \text{ plantas} = 1.9 \text{ lt/planta}$$

Se aplicaron **1.9 litros** de agua por planta durante todo el ciclo de cultivo de escarola.

Anexo 18. Análisis de humus de lombriz

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



Informe de Ensayo: MO 16/23

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO EN HUMUS DE LOMBRIZ MO 16/23

Solicitante:	Wilson Choque Condori- Royvin Arenas Apuri
Entidad:	UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
Dirección del cliente:	Z/Villa Ingenio, C/6 de Junio
Procedencia de la muestra:	Kallutaca
	Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	Kalamarca
Responsable del muestreo:	Wilson Choque Condori- Royvin Arenas Apuri
Fecha de muestreo:	13 de septiembre de 2023
Hora de muestreo:	07:00
Fecha de recepción de la muestra:	20 de septiembre, 2023
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 20 de septiembre 4 de octubre, 2023
Caracterización de la muestra:	Humus de Lombriz
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	16- 1
Código original :	H. Lombriz

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	H. Lombriz 16- 1
pH acuoso	ISRIC 4		1 - 4	7,6
Conductividad eléctrica	ASPT 6	µS/cm	1,0	3000
Fósforo total	Metodo calcinación/ASPT 91	mg/kg	0,40	4951
Materia organica	Calcinación	%	5,0	37
Nitrógeno total	ASPT-88	%	0,0030	1,3
Potasio total	Microwave Reaction System/EPA 258.1	mg/kg	8,0	5722

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

La Paz, 10 de octubre de 2023




Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



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

Anexo 19. Análisis de suelo



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



RES: FAC.AGRO.LAB. N°162

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO:
ANALISTA DE LAB.:
SOLICITUD:
FECHA DE ENTREGA:
RESPONSABLE DE MUESTREO
PROCEDENCIA:

MOISES BRAYNER PALMA
 Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 LAF 162_23
 26/09/2023
MOISES BRAYNER PALMA
 Departamento La Paz
 Municipio LAJA-KALLUTACA
 Provincia Los Andes
 Coordenadas X: -16,5167; Y-683167

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

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

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



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