

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: “Evaluación de dos variedades en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) con interacción de micorrizas y trichodermas en la Finca San Francisco, Cantón Huaca”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTOR: Pozo Quelal Romel Alexander

TUTOR: MSc. Mora Quilismal Segundo Ramiro, PhD

Tulcán, 2026

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Pozo Quelal Romel Alexander con el número de cédula 0401974142 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de dos variedades en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) con interacción de micorrizas y trichodermas en la Finca San Francisco Cantón Huaca"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



MSc. Mora Quilismal Segundo Ramiro, PhD.

TUTOR

Tulcán, octubre de 2026

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

Yo, Pozo Quelal Romel Alexander con cédula de identidad número 0401974142 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Pozo Quelal Romel Alexander

AUTOR

Tulcán, octubre de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Pozo Quelal Romel Alexander declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de dos variedades en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) con interacción de micorrizas y trichodermas en la Finca San Francisco Cantón Huaca", y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Pozo Quelal Romel Alexander

AUTOR

Tulcán, octubre de 2026

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme alcanzar una meta más en mi vida, su guía y su bendición han sido clave para alcanzar mis objetivos.

A mi familia, por su apoyo constante, paciencia y confianza que han hecho que supere este largo camino. Su fortaleza y aliento han sido claves para seguir adelante en cada meta que me he propuesto.

A las autoridades y docentes de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), en especial a los docentes de la carrera de ingeniería Agropecuaria, por haber compartido sus conocimientos que han sido fundamentales para mi desarrollo profesional.

Agradezco profundamente al PhD. Ramiro Mora, tutor, de mi investigación por compartir su amplio conocimiento. Sus consejos y orientación fueron fuentes de motivación hasta el final de la investigación, su apoyo incondicional para lograr culminar con éxito.

Pozo Quelal Romel Alexander

DEDICATORIA

A Dios por su constante apoyo en mis momentos más adversos y por las bendiciones que me otorga, las cuales son un pilar fundamental para seguir adelante, su apoyo incondicional han sido claves para culminar todo tipo de objetivo que me he propuesto en la vida.

A mi madre, Hilda Quelal por su apoyo constante y la confianza que me a tenido a lo largo de estos años de carrera universitaria. Su esfuerzo y determinación me han brindado crecer profesionalmente.

A mi padre, Romel Pozo, le agradezco por su ejemplo, sacrificio y consejos que fueron motivantes para seguir adelante.

Y a mis hermanas, Jocelin y Lisbeth, les agradezco por su apoyo constante con amor incondicional y sus sabios consejos, que han sido fundamental para alcanzar mi meta de culminar mi carrera universitaria.

Pozo Quelal Romel Alexander

ÍNDICE

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
I. EL PROBLEMA	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3. JUSTIFICACIÓN	17
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	18
1.4.1. Objetivo General	18
1.4.2. Objetivos Específicos	18
1.4.3. Preguntas de Investigación	18
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.2. MARCO TEÓRICO	20
2.2.1. Variedad lechuga icevic	20
2.2.2. Variedad lechuga criolla	21
2.2.3. Clasificación taxonómica	23
2.2.4. Descripción botánica	23
2.2.4.1. Flores	23
2.2.4.2. Hojas	23
2.2.4.3. Fruto	23
2.2.4.4. Raíz	24
2.2.4.5. Tallo	24
2.2.4.6. Semilla	24
2.2.5. Requerimientos edafoclimáticos.....	24

2.2.5.1. Temperatura.....	24
2.2.5.3. Luminosidad	25
2.2.5.4. Suelo	25
2.2.5.5. Agua.....	25
2.2.6. Manejo del cultivo	25
2.2.7. Preparación del terreno	26
2.2.8. Fertilización	26
2.2.8.1. Fertilizante triple 15 (15-15-15)	27
2.2.9. Enfermedades de la lechuga.....	27
2.2.9.1. Pudrición gris	27
2.2.9.2. Mildiu	27
2.2.9.3. Oídio, peste cenicilla, moho polvoriento	28
2.2.9.4. Podredumbre blanda o esclerotinosis.....	28
2.2.10. Plagas de la lechuga	28
2.2.10.1. Pulgones o áfidos (<i>Nasonovia ribisnigri</i> Mosley)	28
2.2.10.2. Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>).....	28
2.2.10.3. Minador (<i>Liriomyza trifolii</i>)	28
2.2.10.4. Mosca blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)	29
2.2.11. Cosecha y postcosecha	29
2.2.12. Micorrizas	29
2.2.13. Trichodermas	32
III. METODOLOGÍA	35
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	35
3.1.1. Enfoque.....	35
3.1.2. Tipo de Investigación.....	35
3.1.2.1. Investigación experimental	35

3.2. HIPÓTESIS	35
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	35
3.3.1. Definición de las variables	35
3.3.2. Operacionalización de variables	37
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	38
3.4.1. Ubicación del ensayo.....	38
3.4.2. Tratamientos del experimento	38
3.4.3. Características de la Unidad Experimental	38
3.4.4. Distribución y características del experimento	39
3.4.5. Población y muestra de la investigación.....	39
3.4.6. Procedimiento	40
3.4.7. Variables de estudio	42
3.4.7.1. Porcentaje de prendimiento	42
3.4.7.2. Altura de planta.....	42
3.4.7.3. Número de hojas.....	42
3.4.7.4. Diámetro del repollo	42
3.4.7.5. Rendimiento	42
3.4.7.6. Análisis económico	42
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. RESULTADOS.....	44
4.1.1. Porcentaje de prendimiento	44
4.1.2. Altura de planta.....	44
4.1.3. Número de hojas.....	45
4.1.4. Diámetro de repollo.....	47
4.1.5. Rendimiento	49

4.1.6. Relación Costo - Beneficio	50
4.2 DISCUSIÓN	51
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
5.1. CONCLUSIONES.....	54
5.2. RECOMENDACIONES	54
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
VII. ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 . Valor nutricional de la lechuga	22
Tabla 2 . Clasificación taxonómica de la lechuga	23
Tabla 3 . Requerimientos nutricionales de la lechuga	27
Tabla 4 . Operacionalización de variables.	37
Tabla 5 . Tratamientos	38
Tabla 6 . Características del ensayo.....	39
Tabla 7 . ANOVA para el porcentaje de prendimiento a los 15 ddt	44
Tabla 8 . ANOVA para la altura de planta desde los 15 hasta los 90 ddt.....	45
Tabla 9 . Prueba de Tukey al 5% para la variable de altura de planta desde los 30 hasta los 90 ddt. Factor Variedad de lechuga	45
Tabla 10 . ANOVA para el número de hojas desde los 15 a los 90 ddt	46
Tabla 11 . Prueba de Tukey al 5% para la variable de número hojas desde los 15 hasta los 90 ddt. Factor Variedad de lechuga	46
Tabla 12 . Prueba de Tukey al 5% para la variable de número hojas desde los 30 hasta los 45 ddt. Factor Interacción de microorganismos	47
Tabla 13 . ANOVA para la variable de diámetro de repollo a los 60, 75 y 90 ddt	48
Tabla 14 . Prueba de Tukey al 5% para la variable de diámetro de repollo. Factor Interacción de microorganismos	49
Tabla 15 . ANOVA para el rendimiento del cultivo	49
Tabla 16 . Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento por hectárea.	50
Tabla 17 . Relación costo – beneficio.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los tratamientos.....	39
Figura 2. Distribución de la parcela neta	40
Figura 3. Delimitación y preparación del terreno.....	64
Figura 4. Validación y trasplante de plántulas.	64
Figura 5. Aplicación de abonos orgánicos	64
Figura 6. Toma de datos.	65
Figura 7. Cosecha de lechuga.	65
Figura 8. Pesaje y colocación en gavetas para la venta.....	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de la predefensa.	60
Anexo 2. Certificado del Abstrac departamento de Idiomas	60
Anexo 3. Resultado del análisis del suelo previo a la investigación.	63
Anexo 4. Fotografías	64

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, ubicado en el cantón San Pedro de Huaca, a 2834 msnm (00°38'29" N y 77°43'35" O). El estudio tuvo como objetivo Evaluar dos variedades en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) con interacción de micorrizas y trichodermas en la Finca San Francisco Cantón Huaca. Se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial 4 x 2 con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos incluyeron diferentes dosis de Trichodermas y micorrizas (10, 20 y 30 ml/L), además de fertilizante químico 15-15-15 (10 g/planta) aplicado a las variedades Icevic y Criolla. Se evaluaron variables como el porcentaje de prendimiento, altura de planta, número de hojas, diámetro de repollo, rendimiento y análisis económico. El análisis estadístico se efectuó con el software RStudio, aplicando la prueba de Tukey al 5%. Los mejores resultados se observaron en el tratamiento T4 (Químico 15-15-15 (10 gr/planta): Icevic), con una altura promedio de 19,47 cm, 14,80 hojas y un diámetro de repollo de 28,09 cm a los 90 días. En cuanto al rendimiento y análisis económico, el T4 obtuvo la mayor rentabilidad con una relación costo-beneficio de 2,95 USD, seguido del T3 (Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua): Icevic) con 2,63 USD por cada dólar invertido.

Palabras Claves: Rendimiento, análisis económico, costo beneficio.

ABSTRACT

The research was conducted at the San Francisco Experimental Center of the Politécnica Estatal del Carchi University, located in the San Pedro de Huaca Canton, at 2,834 meters above sea level (00°38'29" N and 77°43'35" W). The study aimed to evaluate two lettuce varieties (*Lactuca sativa* L.) in the cultivation of mycorrhizae and trichoderma at the San Francisco Farm in the Huaca Canton. A completely randomized block design (CRBD) was 4 x 2 factorial arrangement was used with eight treatments and four replicates. Treatments included different doses of Trichoderma and mycorrhizae (10, 20, and 30 ml/L), as well as 15-15-15 chemical fertilizer (10 g/plant) applied to the Icevic and Criolla varieties. Variables such as plant engraftment percentage, plant height, leaf number, cabbage diameter, yield, and economic analysis were assessed. Therefore, a statistical analysis was performed using RStudio software, applying the 5% Tukey test. The best results were observed in treatment T4 (Chemical 15-15-15 (10 g/plant): Icevic), with an average height of 19.47 cm, 14.80 leaves, and a cabbage diameter of 28.09 cm in 90 days. Regarding yield and economic analysis, T4 was the most profitable, with a cost-benefit ratio of USD 2.95, followed by T3 (Thrichoderma (20 ml/L water) + Mycorrhizae (20 ml/L water): Icevic) with USD 2.63 for every dollar invested.

Keywords: Yield, economic analysis, cost-benefit.

INTRODUCCIÓN

La lechuga de hoja (*Lactuca sativa* var. *crispa*) es una verdura de hoja suelta con hojas crujientes y un alto contenido de agua. Sus variedades varían en color desde el verde claro hasta el morado, se consume principalmente cruda en ensaladas por su sabor amargo y su valor nutricional. Es popular en dietas saludables debido a su bajo contenido calórico. También aporta vitaminas y minerales y ayuda a perder peso.

La lechuga (*Lactuca sativa* L) es cultivada extensamente en muchos países a nivel mundial, Asia y Europa aportan alrededor del 80% de la producción global, mientras que el continente americano contribuye con el 20% restante (Frazer, 2023).

En Ecuador, la lechuga es cultivada principalmente por pequeños agricultores, y el 83 % de la producción se destina al consumo doméstico, este cultivo se practica en diversas condiciones, como hidroponía, acolchado vegetal y cultivo a campo abierto, siendo este último el método tradicional (Lazcano Bello, 2020).

Durante la última década, la agricultura ecuatoriana ha experimentado una notable evolución, especialmente en el cultivo de lechuga, impulsada por la creciente demanda y la incorporación de nuevas variedades. Este fenómeno ha favorecido el uso de insumos alternativos y la necesidad de analizar su rendimiento según las estaciones y los sistemas de producción (Herrera, 2021).

La lechuga se destaca por su alto valor nutricional, superior al de muchas hortalizas. Sin embargo, su cultivo enfrenta desafíos relacionados con el clima, el pH del suelo y las prácticas agrícolas, factores que aumentan su vulnerabilidad a enfermedades y generan posibles pérdidas económicas (García, 2022).

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el norte del Ecuador, especialmente en el Carchi, el cultivo de la lechuga depende del uso exagerado de agroquímicos, muchos productores utilizan fertilizantes y pesticidas sintéticos de forma intensiva, lo que aumenta los costos de producción, afecta la salud del suelo y representa riesgos para la salud de trabajadores y consumidores. Esta dependencia de productos químicos no solo afecta la calidad de los alimentos, sino que también genera problemáticas en los ecosistemas que la rodean (Serna et al., 2022).

Los productores de hortalizas tienen una alta falta de diversificación varietal, predomina el uso de unas pocas variedades comerciales, lo que reduce la resiliencia a plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas.

Se complementan problemas fitosanitarios en el cultivo de la lechuga es muy susceptible a enfermedades como el *mildiu vellosa*, el moho gris y la *esclerotinia*. también pueden aparecer enfermedades bacterianas como la mancha bacteriana y tizón marginal, así como virus como el mosaico de la lechuga, así como a ataques de insectos como trips y pulgones, especialmente en ambientes húmedos y mal drenados.

Muchos agricultores de hortalizas carecen de capacitación en técnicas agroecológicas o manejo integrado de cultivos ya que tienen acceso limitado a tecnologías sostenibles lo que limita la transición a sistemas más sostenibles, carecen de conocimientos sobre prácticas agrícolas sostenibles, lo que limita la adopción de métodos responsables con el medio ambiente. Esta falta de información impide mejorar las cosechas y conservar los recursos naturales. Sin una preparación adecuada, la producción se vuelve insostenible. Esto afecta al cultivo de lechuga y a otros productos hortícolas (Torres, 2024).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La utilización inadecuada de fertilizantes químicos debido al desconocimiento de bioinsumos como la interacción de micorrizas y trichodermas para las variedades del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L*) en la Finca San Francisco Cantón Huaca?

1.3. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de adoptar prácticas agroecológicas como el uso de bioinsumos tales como micorrizas y trichodermas en los sistemas de producción agrícola en variedades de lechuga. Según Regalado (2023), al emplear insumos orgánicos, se promueve una producción limpia y libre de químicos, garantizando alimentos más saludables y mitigando los riesgos de residuos tóxicos. Así estableciendo un ciclo agrícola equilibrado, beneficiando a los agricultores en la rentabilidad de los productos.

Los productores capacitados técnicamente pueden aprender sobre el uso de bioinsumos y técnicas innovadoras que mejoraran la calidad del suelo y optimizaran el rendimiento. Estas capacitaciones fomentaran una producción más técnica y sostenible, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad y asegurando un futuro agrícola viable y rentable para los cultivos hortícolas (Condori, 2019).

Ofrece el potencial de aumentar la eficiencia en la producción unitaria al acelerar el uso de nutrientes, estimulantes y antagonistas de enfermedades; por tal motivo, el propósito del presente estudio fue evaluar dos variedades en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L*) con interacción de micorrizas y trichodermas en la Finca San Francisco Cantón Huaca; para ello, este estudio fue significativo por la inexistencia de investigaciones similares en la zona, permitiendo contribuir en el desarrollo del cultivo de lechuga en la provincia del Carchi.

Este estudio busca evaluar productos orgánicos que favorezcan el cultivo de lechuga mediante la interacción con micorrizas y trichodermas, destacadas por su efectividad. Los abonos orgánicos representan una opción sostenible y accesible. Según Alfaro (2023), mejoran la fertilidad del suelo y aumentan el rendimiento sin altos costos, lo que fortalece la economía del productor y su posición en el mercado.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar dos variedades en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) con interacción de micorrizas y trichodermas en la Finca San Francisco Cantón Huaca.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar la variedad de lechuga (*Lactuca sativa* L) con la interacción de micorrizas y trichodermas que presenta mejor efectividad en el desarrollo fisiológico.
- Determinar el tratamiento con mejor rendimiento en la productividad de lechuga.
- Realizar el análisis costo/beneficio para los tratamientos en estudio.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es la variedad de lechuga (*Lactuca sativa* L), con la interacción de micorrizas y trichodermas que presenta mejor efectividad en el desarrollo fisiológico?
- ¿Cuál es el tratamiento con mejor rendimiento en la productividad de lechuga?
- ¿Cuál es el mejor costo/beneficio de los tratamientos en estudio?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Rodríguez y Castañeda (2020), de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Córdoba, Colombia, realizaron un estudio en condiciones tropicales para evaluar el comportamiento agronómico de cultivares tipo Iceberg, incluida la variedad Icevic. Los resultados demostraron que Icevic presentó buena compactación del cogollo, alto rendimiento comercial y tolerancia al espigamiento, recomendándose su uso en regiones cálidas con riego tecnificado.

López-Miranda et al. (2019), en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), en Lima, Perú, analizaron distintas variedades locales de lechuga en sistemas agroecológicos. Entre ellas, la Criolla mostró mayor adaptabilidad a suelos de baja fertilidad, tolerancia a plagas y alto contenido de compuestos bioactivos, como polifenoles y clorofila, lo que la hace ideal para mercados locales y producción sostenible.

Rangel et al. (2020), investigadores del Departamento de Agronomía de la Universidad Autónoma de Chapingo, México, realizaron un estudio para comparar el contenido de antioxidantes en diferentes variedades de lechuga cultivadas en invernadero. El experimento, desarrollado en el estado de México, reveló que la lechuga Criolla contenía mayores niveles de polifenoles y clorofila, mientras que Icevic mostró mejor rendimiento en peso fresco.

Peñaherrera y Gutierrez, (2021), en el Programa de Agricultura Ecológica del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de Ecuador, desarrolló un ensayo experimental en la Estación Experimental Santa Catalina (provincia de Pichincha), donde evaluó el desempeño de la lechuga Criolla bajo manejo agroecológico. Los resultados indicaron una buena respuesta en crecimiento vegetativo, resistencia natural a plagas y preferencia por parte de consumidores en ferias agroecológicas. benéfico representa una alternativa viable en el manejo orgánico del cultivo.

El Dr. José Luis Herrera y su equipo de investigación en (2021), el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en Chile, realizaron un estudio en la Estación Experimental La Platina (Santiago) para evaluar la influencia de micorrizas arbusculares principalmente (*Glomus intraradices*) en la nutrición mineral y rendimiento de lechuga bajo condiciones controladas. Se comprobó que las plantas inoculadas con micorrizas presentaron mayor absorción de fósforo, biomasa total y tolerancia al estrés hídrico. Este resultado promueve el uso de biofertilizantes micorrízicos como complemento sostenible a la fertilización química.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Variedad lechuga icevic

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una hortaliza de ciclo corto perteneciente a la familia *Asteraceae*, ampliamente cultivada por su valor nutricional y alta demanda comercial. Entre sus diversas variedades, la Icevic, perteneciente al grupo capitata o tipo Iceberg, ha sido desarrollada para adaptarse a condiciones tropicales y subtropicales, lo que la convierte en una opción relevante para productores en zonas cálidas (Rodríguez & Castañeda, 2020).

La variedad Icevic se caracteriza por formar cogollos densos, compactos y globosos, de hojas lisas, crujientes y de color verde claro a blanco interno. Este tipo de lechuga presenta una buena resistencia al espigamiento prematuro, alta tolerancia al calor y una excelente capacidad de poscosecha, atributos que la hacen adecuada tanto para sistemas convencionales como tecnificados de producción bajo cubierta o a cielo abierto (Gómez et al., 2021; INTA, 2022). Además, su uniformidad morfológica favorece el rendimiento comercial, siendo muy valorada en mercados de exportación y cadenas de supermercados.

Desde el punto de vista agronómico, la Icevic muestra un ciclo vegetativo de 60 a 75 días, dependiendo de las condiciones climáticas y del manejo cultural. Requiere suelos bien drenados, con pH entre 6.0 y 6.8, y niveles adecuados de materia orgánica. Su respuesta a la fertilización nitrogenada debe ser equilibrada, ya que excesos de nitrógeno pueden afectar la compactación del cogollo y aumentar la incidencia de enfermedades como el mildiú vellosa (*Bremia lactucae*) y la pudrición basal (*Rhizoctonia solani*) (FAO, 2020).

En términos nutricionales, aunque la lechuga Icevic contiene menor cantidad de pigmentos y compuestos fenólicos en comparación con variedades de hojas sueltas, es una fuente moderada de vitamina K, ácido fólico y fibra dietética. Además, su textura crujiente y sabor neutro la hacen ideal para el consumo en fresco (Rangel et al., 2020).

Por su adaptabilidad, calidad comercial y eficiencia productiva, la lechuga Icevic representa una alternativa importante en programas hortícolas orientados al abastecimiento continuo y la tecnificación agrícola, especialmente en climas cálidos con acceso a riego controlado.

2.2.2. Variedad lechuga criolla

La lechuga (*Lactuca sativa* L.), es una de las hortalizas de hoja más cultivadas a nivel mundial, valorada tanto por sus atributos nutricionales como por su adaptabilidad a diversos sistemas de producción. Dentro de las variedades cultivadas en América Latina, la lechuga criolla se destaca por ser una selección local o ecotipo adaptado, caracterizado por su rusticidad, adaptabilidad agroecológica y bajo requerimiento tecnológico, lo que la convierte en una opción viable para pequeños productores y sistemas agroecológicos (López-Miranda et al., 2019; Torres & Valverde, 2022).

La lechuga criolla pertenece comúnmente al grupo de lechugas de hoja suelta (*leaf lettuce*), aunque en algunas regiones puede presentar características intermedias entre los grupos romana y butterhead. Morfológicamente, presenta hojas grandes, semierguidas, con márgenes lobulados, textura suave y colores que van del verde oscuro al rojizo, dependiendo del cultivar. A diferencia de la lechuga tipo Iceberg, no forma cogollo, lo que facilita su ventilación y reduce la susceptibilidad a enfermedades fungosas como el mildiú vellosa (*Bremia lactucae*) (Martínez et al., 2020).

Desde el punto de vista agronómico, esta variedad se adapta bien a condiciones de clima cálido y húmedo, tolera suelos con menor fertilidad y muestra resistencia al espigamiento prematuro. Tiene un ciclo de producción corto, entre 45 y 60 días, dependiendo de las condiciones agroclimáticas, y puede cultivarse tanto a cielo abierto como en sistemas protegidos. Su manejo agronómico requiere prácticas mínimas de laboreo y es compatible con sistemas de agricultura orgánica, donde el uso de insumos químicos es limitado (Gutiérrez et al., 2021).

Nutricionalmente, la lechuga criolla presenta ventajas sobre otras variedades comerciales, ya que sus hojas más pigmentadas contienen mayores niveles de clorofila, carotenoides, antocianinas y compuestos fenólicos, que le otorgan propiedades antioxidantes. Estudios han demostrado que las lechugas de hoja suelta, como la criolla, pueden tener hasta el doble de polifenoles que las variedades tipo Iceberg, lo cual contribuye a su valor funcional en la dieta humana (Rangel et al., 2020; García-Mata et al., 2022).

En términos de preferencia del consumidor, la lechuga criolla es altamente valorada en mercados locales por su sabor más intenso, textura suave y fresca. Sin embargo, presenta limitaciones para su comercialización en grandes cadenas debido a su menor vida útil poscosecha y menor uniformidad en tamaño y forma. Pese a ello, su cultivo es estratégico en contextos de seguridad alimentaria y producción sostenible, ya que permite obtener ingresos constantes, diversificar cultivos y reducir el uso de insumos externos (FAO, 2021).

El rescate y mejoramiento de variedades criollas de lechuga constituye una oportunidad para fortalecer la soberanía alimentaria y conservar la diversidad genética local. En ese sentido, se promueven bancos de semillas y programas participativos de mejoramiento para conservar sus atributos adaptativos, Tabla 1, (Rosero et al., 2023).

Tabla 1. Valor nutricional de la lechuga		
Comparación del valor nutricional: Lechuga Criolla vs. Lechuga Icevic		
Nutriente / Componente	Lechuga Criolla	Lechuga Icevic (Iceberg)
Contenido de agua	94.5 %	96.0 %
Energía (kcal/100g)	17 kcal	13 kcal
Carbohidratos	3.3 g	2.0 g
Fibra dietética	1.5 g (mayor aporte)	0.9 g (menor contenido)
Proteína	1.4 g	0.9 g
Grasa total	0.2 g	0.1 g
Vitamina A (β-carotenos)	7400 UI (rica en pigmentos)	3700 UI
Vitamina C	9 mg	3 mg
Vitamina K	140 µg	126 µg
Ácido fólico (B9)	70 µg	38 µg
Potasio	260 mg	190 mg
Calcio	40 mg	30 mg
Magnesio	14 mg	12 mg
Hierro	1.0 mg	0.4 mg
Polifenoles / Antioxidantes	Alto contenido (mayor actividad antioxidante)	Bajo contenido
Pigmentación	Verde intenso a morado (rica en clorofila y antocianinas)	Verde claro a blanco
Vida útil poscosecha	Más corta	Prolongada (mayor resistencia al transporte)

Fuente: Valdivia & Almanza (2018)

2.2.3. Clasificación taxonómica

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la lechuga

Reino	Plantae
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Orden	<i>Asterales</i>
Género	<i>Lactuca sativa</i>
Familia	<i>Compositae</i>
Subfamilia	<i>Cichorioideae</i>

Fuente: Pérez (2021)

2.2.4. Descripción botánica

2.2.4.1. Flores

Por su parte, las flores consideradas como hermafroditas que se encuentran reunidas sobre capítulos que se encuentran establecidos entre 10 a 25 floretes que son de color amarillo o en muchas ocasiones blanco; se encuentra constituida por cinco estambres que estas unifacos, además de un ovario bicarplar que mantiene un óvulo que da lugar a la semilla; con respecto a la fecundación es autógama, mientras en condiciones de aire libre suele ser cruzada (Chiroque & Castaño, 2019).

2.2.4.2. Hojas

Con respecto a las hojas de la lechuga cuando surge su desarrollo mantiene una forma roseta, posteriormente suele cerrarse y permite la formación de repollos que se encuentran apretados, esto según la variedad de la lechuga; por tal motivo, las hojas se han caracterizado por ser lampiñas y se encuentran ligeramente dentadas, además mantiene una forma variada que mantiene un color verdoso amarillo, de tono oscuro o clara, de hecho, puede ser rojizo, mitad o incluso un tono purpura; por lo tanto, su color mantiene gran dependencia de su cultivar; en relación a la textura las hojas pueden ser crujientes y ser mantecosas que presenta un aspecto rizado.

2.2.4.3. Fruto

El fruto también es conocido como la semilla, considerándose “un aquenio que mantiene una forma alargada, además se caracteriza por constituirse de varias estrías que son longitudinales, su color puede ser negro o blanco que suele terminar con una punta”. Además, su longitud oscila sobre los 3 a 4 mm y 1 mm de ancho.

2.2.4.4. Raíz

Ahora bien, "la raíz es de carácter pivotante, en donde se profundidad mantiene características sobre un efectivo crecimiento, además de contener un látex abundante, por lo tanto, puede llegar a medir sobre los 30 cm" Debido que esta hortaliza se caracteriza por mantener un sistema radicular que se encuentra adecuadamente desarrollado.

2.2.4.5. Tallo

Con respecto al tallo "adquiere una forma cilíndrica y es corto que se encuentra constreñido y aplastado que mantiene una roseta de hojas y cabe mencionar que suelen variar su textura, color o forma" (Catagña, 2024, p. 36), por tal motivo, el tallo se ha establecido como el lugar de corte cuando se cosecha.

2.2.4.6. Semilla

Finalmente, la semilla de la lechuga es exalbuminosa, plana y picuda, además mantiene un aspecto alargado que oscila entre los 2 a 5 mm, su color es amarillo y blanco, aunque en muchas ocasiones puede ser de color negro o marrón, de hecho, mantiene una coloración, esto en relación a su variedad (Chiroque & Castaño, 2019).

2.2.5. Requerimientos edafoclimáticos

2.2.5.1. Temperatura

La lechuga mantiene una adaptabilidad variable sobre los diferentes climas, debido que pueden soportar temperaturas sobre los 0°C, sin embargo, cuando está por debajo de los 6°C sus efectos suelen sentirse sobre la persistencia que han ocasiona lesiones foliares; por su parte, cuando se presentan por debajo de los 5°C no suelen emitir raíces nuevas, n obstante, a partir de los 10°C si lo hace, además es importante mencionar que no suelen soportar las temperaturas que superan los 20°C, en este sentido, la temperatura óptima para el cultivo de la lechuga oscila sobre los 15 a 20°C.

2.2.5.2. Humedad relativa

Con respecto a la humedad relativa es importante establecer que el sistema radicular de la lechuga se considera como reducido, siendo sensible sobre la escasa humedad, además de soportar un deficiente periodo de sequía; en este sentido, la humedad relativa para la lechuga sobre las condiciones óptimas oscila sobre el 60 al

80%; también es importante mencionar que la presencia de una alta humedad puede causar ataques a las enfermedades, siendo la presencia del moho blanco.

2.2.5.3. Luminosidad

Con respecto a la luminosidad es exigente, debido que "requiere de una alta luminosidad que le permita desarrollar un desarrollo mejor del follaje sobre el peso, volumen, calidad, esto debido que la lechuga requiere de bastante luz, la escasa luz puede producir cabezas flojas y hojas delgadas.

2.2.5.4. Suelo

Ahora bien, con respecto al suelo la lechuga ha sido establecida como una planta que se adapta a los diferentes tipos de suelo, debido que suele desarrollarse en suelos francos, arenoso, arcillosos a excepto de suelos que presenten problemas de encharcamiento; considerándose las más idóneos sobre la materia orgánica, además de ser ligeros y presenten un nivel alto de fertilidad con un buen drenaje.

2.2.5.5. Agua

Se ha identificado que "la lechuga es sensible sobre los excesos de humedad, por tal motivo, en relación con su desarrollo al sistema radicular permite que soporte a la presencia de sequías, de esta manera se puede disminuir el tamaño de la lechuga" (Velásquez *et al.*, 2020).

2.2.6. Manejo del cultivo

Cabe destacar que la multiplicación de la lechuga principalmente se la realiza sobre una planta mediante la ayuda de un pilón que se obtiene del semillero, por tal motivo, se recomienda utilizar bandejas, especialmente de poliestireno que contenga aproximadamente 294 alvéolos; en este sentido, también es necesario que en cada alveolo se deposite una semilla de 5 milímetros aproximadamente con respecto a su profundidad; ahora bien, cuando hayan transcurrido un tiempo prolongado es decir de 1 mes o más posterior a la siembra la lechuga puede ser plantadas cuando presente hasta 6 hojas verdaderas; además de una altura no mayor a los 8 centímetros; es decir, esta longitud debe estar desde las hojas hasta el cuello de las plantas (Lara *et al.*, 2023).

2.2.7. Preparación del terreno

Para el cultivo de la lechuga, es necesario nivelar los terrenos, esto especialmente en regiones que presentan encharcadas, posteriormente es necesario realizar el surcado y el encame; para ello, se forman múltiples camas que permitan establecer la ubicación de cada planta, en donde se crean pequeños surcos que permita alojar el riego; por tal motivo, es necesario cultivar la lechuga posterior a la leguminosa, en donde las parcelas deben estar sin la presencia de malas hierbas (Beltrán, 2022), de hecho, no es necesario utilizar el mismo terreno con dos siembras seguidas o incluso con dos cultivos sobre el largo del año, a diferencia que se realice una plantación por cada ciclo, de esta manera se puede alterar el resto del periodo.

Ahora bien, con respecto a la desinfección química de los suelos no suele ser recomendable, debido que estos cultivos son considerados de ciclo corto, también son sensibles a estos productos por su alta toxicidad; no obstante, es necesario utilizar el sol del verano, además de establecer el acolchado sobre los meses de invierno; de hecho, es necesario establecer láminas de polietileno transparente o negro que son empleadas en las lechugas, especialmente en aquellas de tamaño pequeño y aquellas que no se puede formar cogollo, en donde las hojas suelen estar abiertas, en donde se podrá evitar contaminación de la tierra (Beltrán, 2022).

2.2.8. Fertilización

Una correcta fertilización garantizara una producción y rendimiento óptimos, sin embargo, los requerimientos nutricionales de una planta varían en función de la etapa fenológica en la que se encuentra. Por tanto, la necesidad dependerá de la etapa de vida y la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo.

Como ya se mencionó anteriormente cada etapa debe tener una necesidad nutricional diferente. Aproximadamente el 95% del nitrógeno se encuentra en el suelo, no obstante, no es directamente asimilable y el 5% si lo es, por lo que la planta lo debe asimilar en forma de ion de nitrato y ion de amonio. Este nutriente es asimilado por la planta desde el momento del trasplante de manera ascendente, el fósforo es asimilable en forma de fosfato monovalente (PO_4H_2), como en la mayoría de las plantas la lechuga lo necesita principalmente en periodos de enraizamiento y germinación. El potasio se asimila en forma de ion K^+ y directamente de la materia orgánica cuando se mineraliza, la planta requiere grandes cantidades durante todo el proceso vegetativo por ende se debe aplicar con mayor frecuencia. El calcio se

absorbe en forma de ion específicamente como (Ca^{2+}), su principal función es mantener el equilibrio entre el magnesio, el sodio y el potasio, además de regular el pH una idea en general de la necesidad nutricional en el cultivo de lechuga es como se muestra en la tabla 3 (Diproagro, 2021).

Tabla 3. Requerimientos nutricionales de la lechuga

Elemento	Dosis
Nitrógeno	100 kg/ha
Fosforo (P_2O_5)	50 kg/ha
Potasio (K_2O)	250 kg/ha
Calcio (CaO)	51 kg/ha
Magnesio (MgO)	22 kg/ha

2.2.8.1. Fertilizante triple 15 (15-15-15)

Fórmula $\text{N}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{K}_2\text{O}$, El fertilizante Triple 15 (15-15-15) es un abono químico granulado de fórmula balanceada que contiene 15 % de nitrógeno, 15 % de fósforo y 15 % de potasio. Su uso mejora el crecimiento vegetativo, la formación de raíces, floración y producción de frutos, siendo adecuado para diversos cultivos y etapas del desarrollo. Se recomienda su aplicación al suelo mediante voleo o en bandas, preferiblemente después de un análisis previo del suelo para evitar excesos y pérdidas por lixiviación, En el cultivo de lechuga, el fertilizante Triple 15 (15-15-15) se utiliza principalmente durante las fases iniciales para favorecer el desarrollo radicular, el crecimiento foliar y una estructura vigorosa de la planta (Diproagro, 2021).

2.2.9. Enfermedades de la lechuga

2.2.9.1. Pudrición gris

El causante es el hongo (*Botrytis cinérea*), afecta al cultivo desde la almaciguera hasta la cosecha, la enfermedad es favorecida en temperaturas cercanas a los 20 °C y alta humedad. Presenta lesiones acuosas manifestándose en el tallo o en la zona foliar. A medida que la enfermedad avanza, se puede apreciar *micelios* de tono grisáceo sobre los tejidos ocasionando pudrición, estropeando su valor comercial. Es dispersada por esporas que se diseminan con el viento y probablemente por salpicaduras ocasionadas por precipitaciones o el riego por aspersión.

2.2.9.2. Mildiu

Es causado (*Bremia lactucae*), haciéndose evidente en condiciones de alta humedad y temperatura. El hongo es frecuente en cultivos hidropónico y en cultivos

bajo invernadero. La enfermedad ataca en diferentes etapas fisiológica. Se puede apreciar manchas blanquecinas o amarillentas especialmente en la parte superficial de las hojas que más tarde se tornan de un color café y seca la vegetación.

2.2.9.3. Oídio, peste cenicilla, moho polvoriento

Enfermedad causada por (*Erysiphe cichoracearum*), agrede a cultivo en épocas de alta temperatura y humedad. El hongo se manifiesta con manchas pulverulentas de tono blancuzco que en ocasiones cubre las dos caras de las hojas. Su disseminación es por medio de conidias que son transportadas por el viento.

2.2.9.4. Podredumbre blanda o esclerotinosis

Es causada (*Sclerotinia sclerotiorum*) habita en el suelo es responsable de las principales pérdidas económicas del cultivo. Las condiciones favorables para que se desarrolle la infección es elevada humedad y temperatura. El hongo afecta en diversas etapas fisiológicas del cultivo y se manifiesta por podredumbre líquida que inicia de forma ascendente desde el sistema radicular hasta el follaje.

2.2.10. Plagas de la lechuga

Según Sepúlveda (2018), los insectos son económicamente importantes en el cultivo de lechuga fundamentalmente porque causan daños de manera directa al alimentarse de las lechugas o de forma indirecta por la capacidad de transmitir enfermedades, entre los cuales tenemos:

2.2.10.1. Pulgones o áfidos (*Nasonovia ribisnigri* Mosley)

Ataca principalmente a las hojas de las lechugas, se lo puede identificar por lo que presenta color negro en forma de bandas en el abdomen y patas, las extremidades son largas y delgadas; puede llegar a medir 2,5 milímetros de extensión.

2.2.10.2. Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Se puede apreciar picaduras cuando hay un amarillamiento en los bordes internos de las hojas, observándose manchas irregulares, inicialmente en un área diminuta, en las cuales se observa fecas negras.

2.2.10.3. Minador (*Liriomyza trifolii*)

Las larvas excavan galerías durante su desarrollo se alimentan del tejido parenquimático, principalmente se puede apreciar su ataque al principio de la

siembra, retardando su desarrollo o inclusive dañando las hojas hasta el punto de que no tenga valor comercial.

2.2.10.4. Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)

El daño es causado cuando la mosca se nutre de la savia del vegetal, produciendo amarillamiento y posteriormente ocasionando debilidad, de la misma manera genera melaza lo cual atrae infecciones fúngicas (INIA, 2018).

2.2.11. Cosecha y postcosecha

El proceso de cosecha se realiza entre los dos y los tres meses después del trasplante, sin embargo, varía el periodo de tiempo entre las diferentes variedades. Para el proceso de cosecha se debe considerar varios aspectos como: la altura que en promedio debe ser de 20 a 30 cm, no debe tener daños provocados por plagas o enfermedades y no debe tener florecencias. Otro parámetro importante es que la cabeza debe estar compactada y rígida (Chiesa, 2010).

2.2.12. Micorrizas

Las micorrizas se han establecido según Carrillo et al., (2022), como “aquella unión simbiótica, es decir, la relación existente sobre la convivencia entre dos o más organismos que se benefician sobre una relación existente, es decir, sobre el micelio de los hongos, además de las raíces de las plantas terrestres”. En este contexto, estos hongos suelen recibir de forma directa el azúcar de las plantas, siendo esencial sobre su desarrollo, debido que captan los suelos y ceden a los hospedadores vegetales, además de todos los nutrientes, además el líquido para su crecimiento permite la colonización en los suelos, considerados como pobres.

Desde esta perspectiva, las micorrizas “se encuentran presente sobre los grupos de plantas consideradas como terrestres, es decir, no solamente las arbóreas, sino también las herbáceas e incluso plantas anuales, especialmente en terrenos que tienen la presencia de humus” (Villa & Cabrera, 2021), en este contexto, se pueden identificar dos grandes grupos como se muestran a continuación:

Ectomicorrizas: En esta especie el hongo puede formar un manto, esto mediante sus hifas sobre el contorno de las raíces especialmente de las más delgadas, sin embargo, no puede introducirse sobre las células, puesto que son frecuentes sobre las especies leñosas y forestales, en donde los órganos considerados como reproductores pueden permanecer sobre los suelos.

Endomicorrizas: Cabe mencionar que “en estos casos las hifas realizan una penetración sobre las células en las raíces, en donde se han establecido estrechos contactos sobre las especies, por tal motivo, se suelen encontrar sobre el 80% de las plantas existentes” (Delgado & Gutiérrez, 2022, p. 24).

Beneficios de las micorrizas en los cultivos

Las micorrizas mantienen grandes beneficios en los cultivos, entre los principales se encuentran:

- Incremento de la ramificación y crecimiento adecuado de las raíces

Es importante establecer que las hifas que se encuentran extendidas tienen la potestad de alcanzar mayores distancias, además de ser consideradas como una fuente de agua y alimento en donde las raíces no pueden alcanzar; por lo tanto, se suele incrementar la absorción de los nutrientes, especialmente el nitrógeno, fósforo y permite establecer una mejora sobre la absorción del líquido, incrementando de esta manera una resistencia sobre las condiciones adversos frente al estrés hídrico.

- Incremento de la resistencia sobre los hongos que se encuentran en los suelos

En este sentido, una raíz que se encuentre colonizada por varios hongos micorrícicos suele ser difícil su colonización, de hongos patógenos, por lo tanto, cuando se mejoran las condiciones generales en las plantas se fortalece su resistencia a los patógenos y/o enfermedades).

Beneficios de las micorrizas en la agricultura:

- Mejor absorción de nutrientes:

Las micorrizas mejoran la absorción de nutrientes como fósforo, nitrógeno, potasio y otros minerales esenciales para las plantas.

- Mayor tolerancia a la sequía y salinidad:

Las micorrizas ayudan a las plantas a tolerar mejor la falta de agua y suelos salinos.

- Protección contra enfermedades:

La simbiosis micorrícica puede proteger a las plantas de enfermedades radiculares causadas por patógenos.

- Mejora de la estructura del suelo:

Las redes de hifas micorrícicas mejoran la estructura del suelo, aumentando su porosidad y capacidad de retención de agua.

- Reducción del uso de fertilizantes:

Al mejorar la absorción de nutrientes, las micorrizas pueden reducir la necesidad de aplicar fertilizantes químicos.

- Aumento de la producción:

En muchos cultivos, se ha observado un aumento significativo de la producción y la calidad de los frutos gracias a la inoculación con micorrizas.

- Mayor captación de CO₂:

Las micorrizas pueden contribuir a una mayor captación de CO₂ por parte de las plantas.

- Producen efectos hormonales

En las raíces permite el efecto hormonal que permite el incremento del desarrollo, además de la consecuencia en toda la planta.

- Incrementa la resistencia

Es importante establecer que "puede aumentar las resistencias sobre las toxinas que pueden estar presentes en los suelos, además del ambiente y en todas las condiciones salinas" (Romero *et al.*, 2021).

¿Cómo se aplican las micorrizas en la agricultura?

Las micorrizas se pueden aplicar de varias formas:

- Inoculación de semillas: Las semillas se recubren con esporas de hongos micorrícicos antes de la siembra.
- Aplicación al suelo: Las micorrizas se pueden incorporar al suelo en forma de polvo o líquido.
- Inmersión de raíces: Las plántulas se pueden sumergir en una solución de micorrizas antes de trasplantarlas.

Consideraciones:

- Especie de micorriza:

Es importante elegir la especie de hongo micorrícico adecuada para el cultivo y las condiciones del suelo.

- Densidad de esporas:

La densidad de esporas en el inoculante puede influir en la efectividad de la simbiosis.

- Sistema de producción:

La producción de micorrizas puede ser *in vivo* o *in vitro*, y la elección del sistema puede afectar la calidad y la eficiencia del producto.

En resumen, las micorrizas son una herramienta valiosa para la agricultura sostenible y de alta productividad, ya que ofrecen numerosos beneficios para las plantas y el suelo.

2.2.13. Trichodermas

Se ha definido como un hongo anaeróbico, que suele habitar en los suelos; además se caracteriza por mantener un comportamiento de parásito. Entre las especies con mayor relevancia están *T. viride*, *T. harzianum*, entre otros, por esta razón sus cepas actúan como un agente de control biológico. Otras características es la capacidad para desdoblar varios nutrientes y poner a disposición de los cultivos, poseen alta agresividad sobre los hongos de carácter fitopatógenos, además de promover la eficiencia en los cultivos, esto por la inducción de varios mecanismos de defensa (Hernández et al., 2019).

- Mecanismos de acción

Cabe destacar que las diferentes especies de este hongo se han caracterizado por ejercer varios mecanismos de control, esto sobre una competencia directa por nutrientes y espacio; también por la producción de varios metabolitos y la inactivación de las enzimas sobre el agente patógeno. En relación a la competencia de nutrientes o por espacio se ha establecido sobre un mecanismo clásico sobre el biocontrol del género; de hecho, es importante establecer que mantienen una tasa de desarrollo efectiva, convirtiéndolo en un competidor por espacio; también se ha caracterizado por la capacidad de su movilización, además capta nutrientes de los

suelos, que utiliza varios sustratos como un fuente de nitrógeno y carbono, lo cual permite colonizar un medio de forma rápida, además de evitar la proliferación de los microorganismos (Cortés et al., 2024).

- Aplicaciones agrícolas de *trichoderma* spp. Como promotor de crecimiento

Trichoderma spp. Se ha consolidado como un agente bioestimulante efectivo gracias a sus múltiples mecanismos de acción, que incluyen la estimulación de la germinación, el desarrollo radicular, el incremento en la altura de planta y el grosor del tallo, así como el aumento de los rendimientos y la concentración de minerales en el suelo y en tejidos vegetales (Ji et al., 2020; Caporale et al., 2019).

En cultivos hortícolas como los pertenecientes al género *Brassica* spp., se ha observado una alta tasa de germinación, mejor rendimiento comercial, y mayor concentración de clorofila, azúcares, proteínas solubles y nutrientes minerales en la biomasa foliar, lo cual mejora tanto el crecimiento como la calidad del producto cosechado (Santana-Díaz & Castellanos-González, 2018; Ji et al., 2020).

- En la remediación de la fertilidad del suelo

Los efectos del cambio climático como el aumento de las temperaturas y las alteraciones en las precipitaciones afectan directamente la agricultura, deteriorando la materia orgánica del suelo y alterando los ciclos de cultivo. Estas condiciones favorecen la proliferación de plagas y enfermedades, generando pérdidas significativas en las cosechas (Fróna et al., 2019; de Oliveira Silva et al., 2020).

Como respuesta, muchos agricultores intensifican el uso de fertilizantes y pesticidas químicos, lo cual conlleva consecuencias negativas, como la compactación del suelo, la saturación de bases, la contaminación de aguas subterráneas, y el agotamiento de nutrientes esenciales (Bononi et al., 2020), en este contexto, *Trichoderma* spp. Ofrece un enfoque regenerativo, ya que mejora la fertilidad del suelo mediante:

El valor económico de *Trichoderma* spp. En la agricultura moderna reside tanto en su función como agente de control biológico de fitopatógenos como en su capacidad para promover el crecimiento vegetal. Esta dualidad funcional lo convierte en un recurso fundamental para mejorar la productividad sin comprometer la salud ambiental ni la inocuidad alimentaria (Harman et al., 2021), si bien, la contaminación

que generan estos productos afecta la población de microorganismos benéficos, *Trichoderma* se vuelve una opción en los cultivos, ya que tiene la capacidad de sobrevivir en la superficie aun con alto contenido de productos fitosanitarios (Chiriboga et al., 2015), por lo que pudiera ser una alternativa ante fungicidas químicos.

En los mercados de la agricultura moderna los microplaguicidas que se encuentran disponibles para el biocontrol de fitopatógenos están formulados con esporas ya sean conidios y clamidosporas del ascomiceto. La eficacia de estos productos está en su correcta aplicación tomando en cuenta la concentración del inóculo, la viabilidad de las esporas y en la selección de cepas de acuerdo con su mecanismo de acción y por supuesto contar con un riguroso control de calidad de dichos productos (Pineda-Insuasti et al., 2017; Martínez et al., 2019), por lo tanto, su aplicación contribuye al creciente desarrollo de la agricultura orgánica y por ende se incrementa el potencial económico de los agricultores que apuestan al uso de productos biológicos.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Cuantitativo, es considerado un proceso de la investigación científica que permite extraer y utilizar datos numéricos, además de utilizar técnicas de recolección de datos cuantitativos.

3.1.2. Tipo de Investigación

3.1.2.1. Investigación experimental

El tipo de investigación se clasificó como experimental, en la que se implementó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial 4 x 2, con 8 tratamientos y 4 repeticiones, con 32 unidades experimentales distribuidas aleatoriamente y una parcela neta de 8 plantas. Finalizada la investigación y con los datos recolectados se realizó el análisis estadístico para comprobar o refutar la hipótesis de estudio.

3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H₀): La combinación de micorrizas y trichodermas no tiene efecto significativo en el crecimiento ni en el rendimiento de la lechuga.

Hipótesis alternativa (H₁): La combinación de micorrizas y trichodermas mejora significativamente el crecimiento y el rendimiento de la lechuga.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1. Definición de las variables

Variable independiente:

- Microorganismos: micorrizas y trichodermas
- Variedad de lechuga: Icevic y criolla

Variable dependiente:

- Prendimiento

- Número de hojas
- Altura de la planta
- Diámetro del repollo
- Rendimiento
- Relación costo-beneficio

3.3.2. Operacionalización de variables

Tabla 4. Operacionalización de variables.

Variables	Dimensión	Indicadores	Técnicas	Instrumento
INDEPENDIENTE: Microorganismos interacción	Thrichoderma + Micorrizas	- Thrichoderma (30 ml/L agua) + Micorrizas (10 ml/L agua) - Thrichoderma (10 ml/L agua) + Micorrizas (30 ml/L agua) - Thrichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua)	Aplicación en drench microorganismos Aplicación edáfica fertilizante	Bomba de fumigar de mochila
	Testigo químico	Aplicación a los 15 – 30 – 45 – 60 – 75d después del trasplante Fertilizante 15-15-15 (10 gr/planta) Aplicación a los 30 y 60 días después del trasplante		
Variedad de lechuga	Variedad de lechuga tipo Iceberg	V. Icevic V. Criolla	Utilización de semillas certificadas	-
DEPENDIENTE: Desarrollo fenológico y rendimiento del cultivo	Porcentaje de prendimiento	En %, a los 15 días después del trasplante	Empleando la formula: $\% = \frac{\text{plantas prendidas}}{\text{total de plantas unidad experimental}} * 100$	Libreta de campo
	Altura de planta	En cm, a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días después del trasplante	Desde la base hasta la parte superior de cada planta.	Flexómetro Libreta de campo
	Número de hojas	Número, a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días después del trasplante	Conteo manual de las hojas que recubren el repollo.	Libreta de campo
	Diámetro de repollo	En cm, a los 60, 75 y 90 días después del trasplante	Medición en la longitud de la parte central del repollo.	Cinta métrica Libreta de campo
	Rendimiento	En kg, al tiempo de cosecha	Se pesó cada repollo de todas las plantas de la unidad experimental	Balanza Libreta de campo
	Costo Beneficio	En USD Después de la cosecha	Se realizó el análisis costo beneficio de cada tratamiento	Computadora

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Ubicación del ensayo

La investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental San Francisco, perteneciente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, ubicado en el cantón Huaca, provincia del Carchi. Este sitio se encuentra a una altitud de 2837 metros sobre el nivel del mar, en la zona norte fronteriza. El área presenta una temperatura media anual de 12,8 °C, una humedad relativa del 78 % y una precipitación anual que varía entre 779 y 1200 mm (INAMHI, 2024).

3.4.2. Tratamientos del experimento

En la presente investigación se evaluaron ocho tratamientos y cuatro repeticiones, los cuales se presentan en la siguiente tabla 5.

Tabla 5. Tratamientos			
Tratamientos	Factor 1 Interacción m/o	Factor 2 Variedad de lechuga	Frecuencia de aplicación
T1	Trichoderma (30 ml/L agua) + Micorrizas (10 ml/L agua)	Variedad Icevic	Microorganismo a los 15 – 30 – 45 – 60 - 75 días después del trasplante
T2	Trichoderma (10 ml/L agua) + Micorrizas (30 ml/L agua)	Variedad Icevic	
T3	Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua)	Variedad Icevic	
T4	Químico 15-15-15 (10 gr/planta)	Variedad Icevic	
T5	Trichoderma (30 ml/L agua) + Micorrizas (10 ml/L agua)	Variedad Criolla	Fertilizante 15-15-15 a los 30 y 60 días después del trasplante
T6	Trichoderma (10 ml/L agua) + Micorrizas (30 ml/L agua)	Variedad Criolla	
T7	Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua)	Variedad Criolla	
T8	Químico 15-15-15 (10 gr/planta)	Variedad Criolla	-

3.4.3. Características de la Unidad Experimental

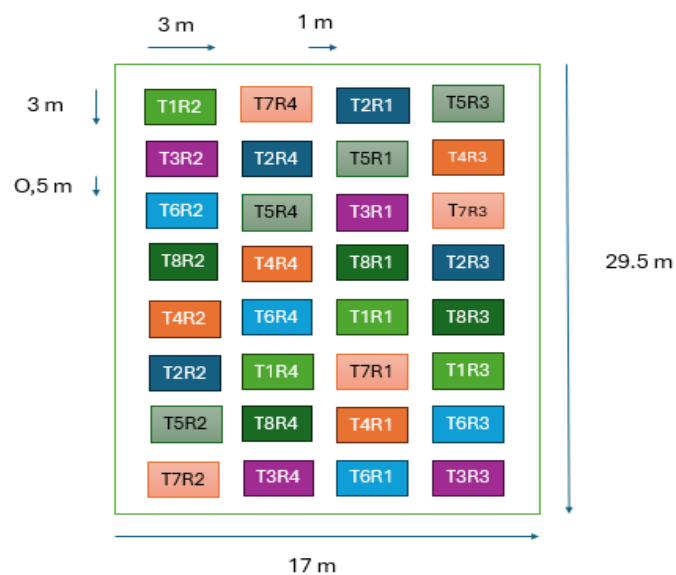
La investigación incluyó las características experimentales que se detallan a continuación en la tabla 6.

Tabla 6. Características del ensayo

Diseño de Bloques completamente al Azar	Dimensiones
Tratamientos	8
Repeticiones	4
Unidades experimentales	32
Área total	501 m ²
Área unidad experimental	9 m ² (3m x 3m)
Distancia entre plantas	0.30 m
Distancia entre surcos	0.50 m
Surcos por unidad experimental	6 surcos (10 plantas cada uno)
Plantas por unidad experimental	60
Plantas unidad neta	8
Plantas evaluar	256
Plantas totales del ensayo	1920

3.4.4. Distribución y características del experimento

El diseño experimental empleado fue un bloque completamente al azar con un arreglo factorial de 4 x 2. El estudio se llevó a cabo en un área total de 501 m², distribuidos en 8 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, sumando 32 unidades experimentales. Cada parcela medía 3 x 3 metros (9 m²), con una separación de 1 metro entre unidades experimentales y 1 metro entre bloques, como se muestra en la figura 1.

**Figura 1.** Distribución de los tratamientos

3.4.5. Población y muestra de la investigación

El diseño implementado contempló un total de 1,920 plantas de lechuga. De estas, se seleccionaron 8 plantas ubicadas en la parte central de cada unidad experimental como parcela neta para la evaluación de las variables consideradas, lo que resultó en un total de 256 plantas evaluadas, como se muestra en la Figura 2.

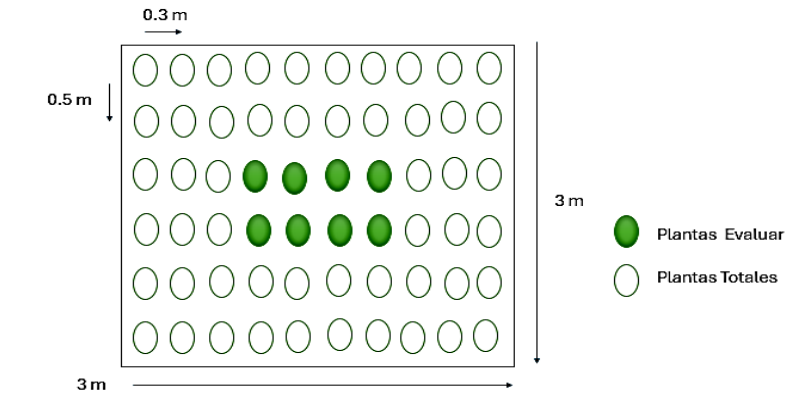


Figura 2. Distribución de la parcela neta

3.4.6. Procedimiento

- Análisis de suelo

Se recolectó una muestra de suelo del área experimental y se envió al laboratorio para realizar un análisis fisicoquímico. Este análisis permitió identificar características clave del suelo, como la textura, estructura, pH y niveles de nutrientes. Con base en estos resultados, se calcularon las dosis de fertilización edáfica, ajustándolas a las necesidades específicas del cultivo.

- Preparación del terreno

Se llevó a cabo con la asistencia de un tractor agrícola, utilizado para arar y rastrar el suelo del área experimental. Este proceso tuvo como objetivo mejorar las condiciones del suelo y así optimizar el desarrollo de las plantas.

- Instalación del ensayo

El ensayo se instaló a campo abierto, abarcando una superficie de 501 m², y estuvo compuesto por 32 unidades experimentales, las cuales fueron delimitadas mediante estacas y cabuya en parcelas de 9 m² cada una. Para delimitar los tratamientos se utilizaron estacas y piola, dejando pasillos de 1 metro entre unidades experimentales y 1 metro entre bloques.

- Trasplante

Para la investigación se utilizaron plántulas de lechuga de 30 días de edad, adquiridas en la cantidad y variedades previamente especificadas. Estas fueron trasplantadas en cada unidad experimental. Para ello, se realizaron surcos con una separación de 0,50 m, empleando diversas herramientas. Antes del trasplante, el suelo fue

desinfectado con cal agrícola con el objetivo de prevenir la aparición de plagas o enfermedades. Posteriormente, se procedió al trasplante de las plántulas, colocándolas a una distancia de 0,30 m entre sí, lo que permitió establecer 60 plántulas por unidad experimental, alcanzando un total de 1,920 plántulas en toda la investigación

- Aplicación de microorganismos

Se realizó a partir de los 15 días después del trasplante y posteriormente cada 15 días hasta los 75 días con aplicaciones en drench. Las cantidades aplicadas en cada unidad experimental variaron en función al factor A Interacción de microorganismos.

- Fertilización

Las enmiendas orgánicas se aplicaron cada 15 días durante todo el ciclo vegetativo del cultivo. Por su parte, el fertilizante químico se utilizó durante la etapa de crecimiento, específicamente a los 30 y 60 días después del trasplante.

- Deshierbe

Esta labor consistió en la remoción de plantas arvenses que obstaculizaban el crecimiento y desarrollo del cultivo de lechuga. Para ello, se utilizaron herramientas manuales como azadones y rastrillos. La actividad se realizó a los 15, 30 y 45 días después del trasplante.

- Aporque

A los 45 días después del trasplante, se utilizó un azadón para aporcar tierra alrededor de las plantas de lechuga. Esta práctica tuvo como finalidad proporcionar mayor estabilidad a cada unidad experimental.

- Cosecha

La cosecha se realizó a los 90 días después del trasplante, recolectando los repollos de las 8 plantas de lechuga por parcela neta. Se registraron los datos de peso por tratamiento utilizando una balanza digital, y posteriormente se procedió a la comercialización de las lechugas.

3.4.7. Variables de estudio

3.4.7.1. Porcentaje de prendimiento

La evaluación se realizó a los 15 días después del trasplante, momento en el cual se contabilizó el número de plantas que habían prendido, es decir, aquellas que estaban firmemente sujetas al suelo. Para esta variable, se tomaron los datos de toda la unidad experimental, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de prendimiento} = \frac{\text{plantas prendidas}}{\text{total de plantas de la unidad experimental}} * 100$$

3.4.7.2. Altura de planta

Se identificaron las ocho plantas que conformaban la parcela neta. Posteriormente, con una frecuencia de 15 días después del trasplante, se realizó la medición de altura utilizando un flexómetro, registrando en centímetros (cm) la distancia desde la base hasta la parte superior de cada planta.

3.4.7.3. Número de hojas

Este proceso se realizó con una frecuencia de 15 días después del trasplante, efectuando el conteo manual de las hojas en las ocho plantas que conformaban la parcela neta. A continuación, se procedió al registro de los datos obtenidos.

3.4.7.4. Diámetro del repollo

La medición del repollo se realizó a los 45, 60 y 90 días después del trasplante, tomando como referencia las ocho plantas que conformaban la parcela neta. Para ello, se utilizó un flexómetro, registrando en centímetros (cm) la longitud de la parte central del repollo.

3.4.7.5. Rendimiento

A los 90 días después del trasplante, se procedió a la cosecha de las lechugas. Este proceso se realizó con la ayuda de un cuchillo, y posteriormente las lechugas fueron pesadas en una balanza digital, registrando su peso en kilogramos (kg).

3.4.7.6. Análisis económico

Después de la cosecha, se llevó a cabo un análisis económico de cada tratamiento, evaluando diversos aspectos como el costo de producción por hectárea, la producción expresada en kilogramos, el precio de venta, la utilidad neta y la relación

costo-beneficio. Para calcular esta última, se utilizó el índice C/B, el cual se obtiene dividiendo la utilidad neta por el costo de producción.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento se diseñó bajo un esquema de bloques completamente al azar (DBCA) con un arreglo factorial 4×2 , resultando en 8 tratamientos y 4 repeticiones, para un total de 32 unidades experimentales. El análisis estadístico se realizó utilizando el software R Studio. Se verificaron los supuestos de normalidad, mediante la prueba de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Bartlett, para cada variable evaluada. En los casos en que se cumplió el supuesto, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias significativas entre bloques, factores y su interacción. Posteriormente, se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% de significancia para identificar diferencias entre tratamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Porcentaje de prendimiento

El análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento a los 15 días después del trasplante (Tabla 7) mostró diferencias significativas entre bloques ($p < 0.05$), lo que indica cierta variabilidad entre las repeticiones del experimento. Sin embargo, no se detectaron efectos estadísticamente significativos para los factores variedad, microorganismos ni para su interacción ($p > 0.05$), lo que sugiere que estos tratamientos no influyeron de manera significativa en el prendimiento. La media general fue alta (95.94%) y el coeficiente de variación (CV) bajo (3.81%), lo que refleja una alta uniformidad y precisión experimental. En conjunto, estos resultados indican que el prendimiento fue elevado y consistente, independientemente de los tratamientos aplicados.

Tabla 7. ANOVA para el porcentaje de prendimiento a los 15 ddt

F.V.	G.L.	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F valor	p valor
Rep/Bloq	3	179.69	59.90	4.46	0.0141 *
Variedad	1	28.16	28.16	2.10	0.1621
Microorg	3	20.51	6.84	0.51	0.6799
Variedad:Microorg	3	78.82	26.27	1.95	0.1511
Error	21	281.65	13.41		
Total	31				
Media (%)	95.94				
C.V. (%)	3.81				

Nota. Significado de los códigos: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 . 0.1 ' ' 1.

4.1.2. Altura de planta

El análisis de varianza para la altura de planta desde los 15 hasta los 90 días después del trasplante (Tabla 8) mostró diferencias significativas entre bloques a partir de los 30 días ($p < 0.05$), y una influencia creciente del factor variedad desde esa misma fecha hasta etapas posteriores ($p < 0.05$), mientras que los factores microorganismo y su interacción con la variedad no presentaron efectos significativos ($p > 0.05$). La altura media aumentó progresivamente de 3.13 cm a 18.01 cm, con coeficientes de variación aceptables (7.42%–12.76%), estos resultados indican que la altura de planta

fue creciente y consistente, con diferencias atribuibles principalmente a la variedad, independientemente de los tratamientos con microorganismos.

Tabla 8. ANOVA para la altura de planta desde los 15 hasta los 90 ddt

F.v	GL	Altura 1 (15 ddt)	Altura 2 (30 ddt)	Altura 3 (45 ddt)	Altura 4 (60 ddt)	Altura 5 (75 ddt)	Altura 6 (90 ddt)
p valor							
Rep/Bloq	3	0.359	0.036 *	0.101	0.0002 ***	0.0002 ***	0.0002 ***
Variedad	1	0.052	0.004 **	0.004 **	0.0003 ***	4.61e-05 ***	3.41e-05 ***
Microorg	3	0.523	0.434	0.337	0.1115	0.3607	0.4984
Variedad:Microorg	3	0.285	0.897	0.850	0.9704	0.2320	0.8021
Error	21						
Total	31						
Media (cm)		3.13	4.75	5.83	8.77	12.57	18.01
C.V. (%)		12.76	9.36	10.84	10.06	7.42	8.80

Nota. Significado de los códigos: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Días después del trasplante (ddt)

La prueba de Tukey al 5% para la altura de planta desde los 30 hasta los 90 días después del trasplante (Tabla 9) mostró diferencias estadísticamente significativas entre las variedades de lechuga evaluadas. En todas las fechas analizadas (30, 45, 60, 75 y 90 ddt), la variedad Icevic presentó alturas significativamente mayores que la variedad Criolla, ubicándose consistentemente en un grupo estadístico superior (grupo "a" frente a grupo "b"). Esto confirma que la variedad Icevic tuvo un crecimiento más vigoroso y sostenido a lo largo del ciclo evaluado, lo que refuerza los resultados del ANOVA, donde la variedad fue un factor determinante en la altura de las plantas. Y así ayudo a mejorar en los aspectos morfológicos de la planta, y a su mejor desarrollo.

Tabla 9. Prueba de Tukey al 5% para la variable de altura de planta desde los 30 hasta los 90 ddt. Factor Variedad de lechuga

Variedad de lechuga	Altura 2 (30 ddt)		Altura 3 (45 ddt)		Altura 4 (60 ddt)		Altura 5 (75 ddt)		Altura 6 (90 ddt)	
	Medias (cm)	Grupos	Medias (cm)	Grupos	Medias (cm)	Grupos	Medias (cm)	Grupos	Medias (cm)	Grupos
Icevic	4.99	a	6.19	a	9.42	a	13.41	a	19.47	a
Criolla	4.50	b	5.47	b	8.11	b	11.72	b	16.53	b

Nota. Días después del trasplante (ddt)

4.1.3. Número de hojas

El análisis de varianza para el número de hojas desde los 15 hasta los 90 días después del trasplante (Tabla 10) reveló diferencias significativas entre bloques en los 30, 60 y 90 días ($p < 0.05$), mientras que el factor variedad mostró un efecto significativo en todas las fechas de evaluación ($p < 0.05$). El factor microorganismos presentó efectos

significativos únicamente a los 30 y 45 días ($p < 0.05$), sin mantener una influencia sostenida en el tiempo, y su interacción con la variedad no fue significativa en ninguna etapa ($p > 0.05$). El número promedio de hojas aumentó progresivamente de 3.14 a 13.79, con coeficientes de variación aceptables (6.98%–12.12%), lo que indica un desarrollo foliar constante, con diferencias atribuibles principalmente a la variedad y, en menor medida, a los microorganismos en fases tempranas.

Tabla 10. ANOVA para el número de hojas desde los 15 a los 90 ddt

F.v	GL	Hojas 1 (15 ddt)	Hojas 2 (30 ddt)	Hojas 3 (45 ddt)	Hojas 4 (60 ddt)	Hojas 5 (75 ddt)	Hojas 6 (90 ddt)
		p valor					
Rep/Bloq	3	0.3004	0.0228 *	0.2247	0.00569 **	0.2621	0.044488 *
Variedad	1	0.0125 *	0.0166 *	0.0221 *	0.00109 **	0.0156 *	0.000103 ***
Microorg	3	0.1661	0.0136 *	0.0305 *	0.23701	0.5868	0.867620
Variedad:Microorg	3	0.1162	0.4746	0.4763	0.70111	0.4305	0.150317
Error	21						
Total	31						
Media (#)		3.14	4.60	6.02	9.28	11.97	13.79
C.V. (%)		12.12	6.98	9.06	9.55	11.91	8.69

Nota. Significado de los códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 '.' 1. Días después del trasplante (ddt)

La prueba de Tukey al 5% para la variable número de hojas desde los 15 hasta los 90 días después del trasplante (ddt) (Tabla 11), reveló diferencias estadísticamente significativas entre las variedades de lechuga evaluadas. En todas las fechas de evaluación (15, 30, 45, 60, 75 y 90 ddt), la variedad Icevic presentó un número significativamente mayor de hojas en comparación con la variedad Criolla, ubicándose de forma consistente en un grupo estadístico superior (grupo "a" frente a grupo "b"). Estos resultados indican que la variedad Icevic no solo mostró un mayor desarrollo foliar desde etapas tempranas, sino que mantuvo esta ventaja a lo largo del ciclo de crecimiento. Este comportamiento sugiere una mayor capacidad fotosintética y potencial productivo.

Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para la variable de número hojas desde los 15 hasta los 90 ddt. Factor Variedad de lechuga

Variedad de lechuga	Hojas 1 (15 ddt)		Hojas 2 (30 ddt)		Hojas 3 (45 ddt)		Hojas 4 (60 ddt)		Hojas 5 (75 ddt)		Hojas 6 (90 ddt)	
	Medias (#)	G	Medias (#)	G	Medias (#)	G	Medias (#)	G	Medias (#)	G	Medias (#)	G
Icevic	3.33	a	4.75	a	6.26	a	9.87	a	12.63	a	14.80	a
Criolla	2.96	b	4.45	b	5.78	b	8.69	b	11.30	b	12.78	b

Nota. Días después del trasplante (ddt)

La prueba de Tukey al 5% para la variable número de hojas a los 30 y 45 días después del trasplante (ddt), (Tabla 12), mostró diferencias estadísticamente significativas

entre los niveles de interacción de microorganismos. A los 30 ddt, el tratamiento con fertilización química (15-15-15 a 10 g/planta sin microorganismos) presentó el mayor número de hojas (4.89), ubicándose en el grupo estadístico "a". Le siguieron los tratamientos con combinaciones de Trichoderma y Micorrizas, que se ubicaron en grupos "ab" y "b", dependiendo de las proporciones aplicadas. A los 45 ddt, aunque las diferencias fueron menos marcadas, el tratamiento con Trichoderma (20 ml/L) + Micorrizas (20 ml/L) alcanzó el mayor número de hojas (6.06), seguido por otras combinaciones microbianas. El tratamiento con Trichoderma (30 ml/L) + Micorrizas (10 ml/L) se mantuvo en el grupo estadístico inferior ("b").

Estos resultados sugieren que, si bien la fertilización química inicial favorece el desarrollo foliar temprano, ciertas combinaciones de microorganismos pueden igualar o incluso superar su efecto en etapas posteriores, lo que resalta el potencial de los bioinsumos.

Tabla 12. Prueba de Tukey al 5% para la variable de número hojas desde los 30 hasta los 45 ddt. Factor Interacción de microorganismos

Interacción de microorganismos	Hojas 2 (30 ddt)		Hojas 3 (45 ddt)	
	Medias (#)	Grupos	Medias (#)	Grupos
Sin m/o: Químico 15-15-15 (10 gr/planta)	4.89	a	5.51	a
Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua)	4.70	ab	6.06	ab
Trichoderma (10 ml/L agua) + Micorrizas (30 ml/L agua)	4.45	ab	5.81	ab
Trichoderma (30 ml/L agua) + Micorrizas (10 ml/L agua)	4.36	b	5.68	b

Nota. Días después del trasplante (ddt)

4.1.4. Diámetro de repollo.

El análisis de varianza para el diámetro de repollo a los 60, 75 y 90 días después del trasplante (Tabla 13) reveló diferencias estadísticamente significativas entre bloques en todas las fechas de evaluación ($p < 0.05$), lo que indica una variabilidad importante entre repeticiones. El factor variedad no presentó efectos significativos en ninguna de las fechas evaluadas ($p > 0.05$), lo que sugiere que, en general, el comportamiento del diámetro no dependió del tipo de variedad. En contraste, el factor microorganismos mostró un efecto significativo en las tres fechas ($p < 0.05$), destacando su influencia positiva y sostenida sobre el desarrollo del diámetro del repollo. La interacción entre variedad y microorganismos no fue significativa en ninguna de las fechas ($p > 0.05$). El diámetro promedio del repollo aumentó progresivamente de 9.74 cm a 24.12 cm, con coeficientes de variación aceptables

(entre 9.97% y 12.23%), lo que refleja un crecimiento constante y confiable, influenciado principalmente por los tratamientos con microorganismos.

Tabla 13. ANOVA para la variable de diámetro de repollo a los 60, 75 y 90 ddt

F.v	GL	Diámetro 1 (60 ddt)	Diámetro 2 (75 ddt)	Diámetro 3 (90 ddt)
		p valor		
Rep/Bloq	3	0.00177 **	0.00261 **	0.004647 **
Variedad	1	0.48375	0.57931	0.444209
Microorg	3	0.00858 **	0.03508 *	0.018352 *
Variedad:Microorg	3	0.13564	0.06098	0.111268
Error	21			
Total	31			
Media (cm)		9.74	18.90	24.12
C.V. (%)		12.23	11.82	9.97

Nota. Significado de los códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Días después del trasplante (ddt)

La prueba de Tukey al 5% para la variable diámetro de repollo (Tabla 14), evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de interacción de microorganismos en las tres fechas de evaluación (60, 75 y 90 días después del trasplante). El tratamiento con Trichoderma (20 ml/L) + Micorrizas (20 ml/L) obtuvo los mayores diámetros en todas las fechas (10.87 cm, 22.00 cm y 28.09 cm, respectivamente), ubicándose consistentemente en el grupo estadístico superior ("a").

Este resultado indica un efecto positivo y sostenido de esta combinación microbiana sobre el crecimiento del repollo. Los tratamientos con fertilización química sin microorganismos y con otras combinaciones de Trichoderma y Micorrizas mostraron resultados intermedios, ubicándose en el grupo "ab", sin diferencias significativas entre ellos. En contraste, el tratamiento con Trichoderma (30 ml/L) + Micorrizas (10 ml/L) presentó los menores valores de diámetro en todas las fechas (8.62 cm, 15.56 cm y 21.19 cm), clasificándose en el grupo estadístico inferior ("b").

Estos resultados sugieren que no solo la presencia de microorganismos, sino también su proporción y equilibrio, son determinantes para maximizar el desarrollo del cultivo. La combinación balanceada de 20 ml/L de ambos bioinsumos fue la más efectiva en promover el crecimiento del repollo.

Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% para la variable de diámetro de repollo. Factor Interacción de microorganismos

Interacción de microorganismos	Diámetro 1 (60 ddt)		Diámetro 2 (75 ddt)		Diámetro 3 (90 ddt)	
	Medias (#)	Grupos	Medias (#)	Grupos	Medias (#)	Grupos
Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua)	10.87	a	22.00	a	28.09	a
Sin m/o: Químico 15-15-15 (10 gr/planta)	10.04	ab	21.59	ab	26.28	ab
Trichoderma (10 ml/L agua) + Micorrizas (30 ml/L agua)	9.44	ab	19.87	ab	26.12	ab
Trichoderma (30 ml/L agua) + Micorrizas (10 ml/L agua)	8.62	b	15.56	b	21.19	b

Nota. Días después del trasplante (ddt)

4.1.5. Rendimiento

El análisis de varianza para el rendimiento del cultivo (Tabla 15) mostró diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0.05$), lo que evidencia una fuerte influencia de las condiciones experimentales sobre esta variable. Aunque el factor variedad y el factor microorganismos no presentaron un efecto significativo ($p > 0.05$). En contraste, la interacción entre variedad y microorganismos fue significativa ($p < 0.05$), indicando que el rendimiento depende de la combinación específica de ambos factores. El rendimiento promedio fue de 23.21 kg por unidad experimental, equivalente a 25,784 kg/ha, con un coeficiente de variación del 21.42%, lo que refleja una variabilidad moderada y resalta la importancia de considerar las interacciones entre tratamientos para optimizar la productividad del cultivo.

Tabla 15. ANOVA para el rendimiento del cultivo

F.V.	G.L.	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F valor	p valor
Rep/Bloq	3	0.22828	0.07609	11.059	0.000145 ***
Variedad	1	0.17850	0.17850	0.353	0.787490
Microorg	3	0.06168	0.02056	2.988	0.064195
Variedad:Microorg	3	0.00728	0.00243	25.943	4.81e-05 ***
Error	21	0.14449	0.00688		
Total	31				
Media (Kg/UE)	23.21				
Media (Kg/ha)	25784				
C.V. (%)	21.42				

Nota. Significado de los códigos: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * 0.1 ' ' 1.

La prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento por hectárea (Tabla 16) mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. El

tratamiento con mayor rendimiento fue el T4 (fertilización química 15-15-15 con la variedad Icevic), con 34,783.33 kg/ha, seguido por los tratamientos T3 y T2, que combinaron Trichoderma y Micorrizas en proporciones equilibradas, también con la variedad Icevic, sin diferencias significativas entre ellos (grupo "a"). Estos resultados indican que tanto la fertilización química como el uso adecuado de bioinsumos pueden generar altos rendimientos cuando se aplican a la variedad Icevic. En contraste, el tratamiento T5 (Trichoderma 30 ml/L + Micorrizas 10 ml/L con la variedad criolla) presentó el menor rendimiento (15,558.33 kg/ha), ubicándose en el grupo estadístico inferior ("b"), lo que sugiere una menor eficiencia de esta combinación en dicha variedad. En general, los tratamientos con la variedad Criolla tendieron a rendimientos más bajos, lo que refuerza la importancia de la interacción entre variedad y tipo de tratamiento en la productividad del cultivo.

El tratamiento con las nuevas alternativas con mayor rendimiento fue el T3 (Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua con la variedad Icevic), con 31968.75 kg/ha⁻¹

Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento por hectárea.

Tratamientos	Descripción	Rendimiento	
		Medias (kg/ha)	Grupos
T4	Químico 15-15-15 (10 gr/planta): Icevic	34783.33	a
T3	Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua): Icevic	31968.75	a
T2	Trichoderma (10 ml/L agua) + Micorrizas (30 ml/L agua): Icevic	30196.73	a
T1	Trichoderma (30 ml/L agua) + Micorrizas (10 ml/L agua): Icevic	26136.90	ab
T7	Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua): Criolla	23491.67	ab
T6	Trichoderma (10 ml/L agua) + Micorrizas (30 ml/L agua): Criolla	22233.33	ab
T8	Químico 15-15-15 (10 gr/planta): Criolla	21904.17	ab
T5	Trichoderma (30 ml/L agua) + Micorrizas (10 ml/L agua): Criolla	15558.33	b

Leyenda: T1 (Trichoderma(30 ml/L agua) + Micorrizas (10 ml/L agua):icevic; T2 Trichoderma (10 ml/L agua) + Micorrizas (30 ml/L agua): Icevic; T3 Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua): Icevic; T4 Químico 15-15-15 (10 gr/planta): Icevic; T5 Trichoderma (30 ml/L agua) + Micorrizas (10 ml/L agua): Criolla; T6 Trichoderma (10 ml/L agua) + Micorrizas (30 ml/L agua): Criolla; T7 Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua): Criolla; T8 Químico 15-15-15 (10 gr/planta): Criolla.

4.1.6. Relación Costo - Beneficio

Se realizó el análisis económico (Tabla 17) de los ocho tratamientos en el cultivo de dos variedades de lechuga, considerando costos de producción, rendimiento en kilogramos por hectárea, precios de venta unitaria, utilidad neta y el costo beneficio. El precio de la lechuga fue de 0,50 USD por kilogramo al momento de la cosecha.

Los resultados revelan que todos los tratamientos generaron beneficios económicos. El mayor rendimiento económico se obtuvo con el T4 (Químico 15-15-15 (10 gr/planta)), con una ganancia de 2.95 USD por cada dólar invertido, seguido de la nueva alternativa con bioinsumos. Con la nueva alternativa, económicamente el tratamiento T3 (Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua) en la producción de lechuga se genera una ganancia de 2.63 USD por cada dólar invertido.

Tabla 17. Relación costo – beneficio.

Tratamientos	Costo de Producción (USD)	Producción (Kg/ha-1)	Venta Kg (USD)	Venta Total (USD)	Utilidad Neta (USD)	C/B (USD)
T1	4429,86	26136,90	0,50	13068,45	8638,59	1,95
T2	4371,86	30196,73	0,50	15098,37	10726,50	2,45
T3	4400,86	31968,75	0,50	15984,38	11583,51	2,63
T4	4402,63	34783,33	0,50	17391,67	12989,04	2,95
T5	4429,86	15558,33	0,50	7779,17	3349,30	0,76
T6	4371,86	22233,33	0,50	11116,67	6744,80	1,54
T7	4400,86	23491,67	0,50	11745,84	7344,97	1,67
T8	4402,63	21904,17	0,50	10952,09	6549,46	1,49

Leyenda: T1 (Trichoderma(30 ml/L agua) + Micorrizas (10 ml/L agua):icevic; T2 Trichoderma (10 ml/L agua) + Micorrizas (30 ml/L agua): Icevic; T3 Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua): Icevic; T4 Químico 15-15-15 (10 gr/planta): Icevic; T5 Trichoderma (30 ml/L agua) + Micorrizas (10 ml/L agua): Criolla; T6 Trichoderma (10 ml/L agua) + Micorrizas (30 ml/L agua): Criolla; T7 Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua): Criolla; T8 Químico 15-15-15 (10 gr/planta): Criolla.

4.2 DISCUSIÓN

Para la variable porcentaje de prendimiento, no se detectaron efectos significativos, lo que sugiere que estos tratamientos no influyeron de manera significativa en el prendimiento. La media general fue alta (95.94%) y el coeficiente de variación (CV) bajo (3.81%), lo que refleja una alta uniformidad y precisión experimental. En conjunto, estos resultados indican que el prendimiento fue elevado y consistente, independientemente de los tratamientos aplicados, lo cual coincide con (Pechu Santisteban, 2019), quien evaluó el efecto de la inoculación de microorganismos eficientes (EM), Trichocastle y Basu en el crecimiento y rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L).

Para la variable altura de planta en todas las fechas analizadas (30, 45, 60, 75 y 90 ddt), la variedad Icevic presentó alturas significativamente mayores que la variedad Criolla. La altura media aumentó progresivamente de 3.13 cm a 18.01 cm, con coeficientes de variación aceptables (7.42%–12.76%).

Estos resultados indican que la altura de planta fue creciente y consistente, con diferencias atribuibles principalmente a la variedad, independientemente de los tratamientos con microorganismos, lo cual coincide con (Pechu Santisteban, 2019), quien evaluó el efecto de la inoculación de microorganismos eficientes (EM), Trichocastle y Basu en el crecimiento y rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.). A los 20 y 90 días, la altura promedio de las plantas fue de 13,33 cm y 15,78 cm respectivamente para los tratamientos T2 y T3.

Para la variable número de hojas presento diferencias significativas entre las variedades de lechuga evaluadas en todas las fechas de evaluación (15, 30, 45, 60, 75 y 90 ddt), la variedad Icevic no solo mostró un mayor desarrollo foliar desde etapas tempranas, sino que mantuvo esta ventaja a lo largo del ciclo de crecimiento. El número promedio de hojas aumentó progresivamente de 3.14 a 13.79, con coeficientes de variación aceptables (6.98%–12.12%).

Este comportamiento sugiere una mayor capacidad fotosintética y potencial productivo, el factor variedad también fue determinante para esta variable. coinciden con Malik et al. (2023), quienes observaron que variedades tipo iceberg (como Icevic) presentan un mayor número de hojas y biomasa foliar en comparación con variedades tipo criolla o sueltas.

Para la variable diámetro de repollo los resultados sugieren que no solo la presencia de microorganismos, sino también su proporción y equilibrio, son determinantes para maximizar el desarrollo del cultivo. La combinación balanceada de 20 ml/L de ambos bioinsumos fue la más efectiva en promover el crecimiento del repollo, esto concuerda con (Steffen et al., 2020; Harman et al., 2021) que las *Trichodermas* spp son conocidos por su capacidad para mejorar la absorción de nutrientes, promover el crecimiento vegetal y suprimir patógenos del suelo. Por su parte, las micorrizas arboresculares mejoran la captación de fósforo, incrementan la resistencia al estrés y facilitan la estructuración del suelo (Chen et al., 2021).

Los resultados demuestran que el tratamiento con mayor rendimiento fue el T3 (Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua con la variedad Icevic), con $31968.75 \text{ kg ha}^{-1}$ no se concuerda con la producción de $16\,083 \text{ kg ha}^{-1}$. (Galeas Miguez, 2014), que evaluó la efectividad de Trichoderma harzianum en el control biológico de *Bremia lactucae* en la producción de lechuga *Lactuca sativa*". el tratamiento E0D2 (Aplicamos al trasplante de 120 g Trichoderma harzianum / 20 litros de agua) se logró el mejor peso de cosecha y la mayor utilidad económica.

Finalmente, el análisis de relación costo- beneficio (C/B) todos los tratamientos generan ganancia significativa , el mayor rendimiento económico se obtuvo con el T4 (Químico 15-15-15 (10 gr/planta)), con una ganancia de 2.95 USD por cada dólar invertido, seguido de la nueva alternativa con bioinsumos con la nueva alternativa, económicamente el tratamiento T3 (Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua) en la producción de lechuga se genera una ganancia de 2.63 USD por cada dólar invertido, concuerdan con (Mogro Marcatoma, 2024), en su investigación el mejor tratamiento que genero un mayor costo beneficio fue el tratamiento (T. harzianum + B. subtilis + Fertilizante 75%), generando un beneficio de \$0,67 ctvs por cada dólar invertido generando una rentabilidad del 67,22%.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La utilización combinada de bioinsumos en el cultivo de lechuga ha demostrado ser altamente efectiva en su desarrollo fisiológico como en su rendimiento.
- El tratamiento con mayor rendimiento fue el T4 (fertilización química 15-15-15 con la variedad Icevic), con 34,783.33 kg/ha, seguido por los tratamientos T3 y T2, que combinaron Trichoderma y Micorrizas en proporciones equilibradas, también con la variedad Icevic.
- En cuanto al análisis económico, todos los tratamientos presentan rendimientos económico sin embargo el mejor fue el T4 (Químico 15-15-15 (10 gr/planta)), con una ganancia de 2.95 USD por cada dólar invertido, seguido de la nueva alternativa con bioinsumos el tratamiento T3 (Trichoderma (20 ml/L agua) + Micorrizas (20 ml/L agua) con 2.63 USD por cada dólar invertido con la variedad de lechuga icevic.

5.2. RECOMENDACIONES

- La importancia de utilizar bioinsumos, es una práctica alternativa que contribuye a reducir el uso excesivo de fertilizantes químicos, lo que a su vez permite obtener producciones altas y de buena calidad.
- Llevar a cabo nuevas investigaciones sobre la aplicación combinada de bioinsumos en el cultivo de lechuga, implementando distintas dosis y frecuencias.
- Investigar acerca de nuevas aplicaciones con bioinsumos combinando con otros productos agroecológicos que puedan aumentar los rendimientos en diversos cultivos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro Quinto, D. del P. (2023). Rendimiento en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) cv. Avenger empleando enmiendas orgánicas [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/6093>
- Bononi, L., Chiaramonte, J. B., Pansa, C. C., Moitinho, M. A., & Melo, I. S. (2020). Phosphorus solubilization mechanisms by soil microorganisms and their contribution to plant nutrition. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(2), 28. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00630-3>
- Carrillo Saucedo, S. M., Puente Rivera, J., Montes Recinas, S., & Cruz Ortega, R. (2022). Las micorizas como herramienta de restauración ecológica. *Acta Botánica Mexicana*, (129), 155–176. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932>
- Catagña, J. (2024). Análisis de las técnicas de conservación de la lechuga (*Lactuca sativa*) para mejorar la comercialización en los productores agrícolas del cantón Chambo [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/13272/1/Catag%C3%B1a%20A.%2C%20Jaime%20A.%282024%29_An%C3%A1lisis%20de%20las%20t%C3%A9cnicas%20de%20conservaci%C3%B3n%20de%20la%20lechuga%20%28Lactuca%20sativa%29%20%281%29.pdf
- Chiesa, A. (2010). Producción de hortalizas bajo condiciones protegidas. INTA.
- Chiriboga, M., Ramos, S., & Merino, G. (2015). Efectividad de cepas de *Trichoderma* spp. en la inhibición de hongos fitopatógenos. *Revista Agroproductividad*, 8(2), 101–107
- Chiroque, E., & Castaño, R. (2019, octubre 28). Caracterización de la Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la unidad Guayabal. Engormix. https://www.engormix.com/agricultura/miscellaneous/caracterizacion-lechuga-lactuca-sativa_a44527/
- Condori Pacha, W. G. (2019). Impacto del abonamiento orgánico con niveles de compost y ácidos húmicos en el rendimiento de pellas de coliflor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) CV. "Bola de Nieve". <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/f022f185-2923-4198-a96d-38480f55a87a>
- Cortés Hernández, F., Alvarado Castillo, G., & Sánchez Viveros, G. (2024). *Trichoderma* spp., una alternativa para la agricultura sostenible: una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 25(2), 62–76. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v25n2.111384>

- Cortés, F., Alvarado, G., & Sánchez, G. (2023). *Trichoderma* spp., una alternativa para la agricultura sostenible: una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 25(2), 73–87. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v25n2.111384>
- de Oliveira Silva, A., et al. (2020). Challenges for sustainable intensification of agriculture in the face of climate change: A review. *Agronomy*, 10(8), 1025. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081025>
- Delgado Silva, H. D., & Gutiérrez Montoya, L. V. (2022). Hongos micorrizas arbusculares: la simbiosis de los múltiples beneficios. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 12(2), 2–14. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v12i2.15196>
- Diproagro. (2021). Ficha técnica: Fertilizante Triple 15. <https://diproagro.com/wp-content/uploads/2021/06/FICHA-TECNICA-TRIPLE-15.pdf>
- FAO. (2020). Producción de hortalizas de hoja en sistemas intensivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2021). Producción hortícola sostenible en pequeña escala: guía técnica para agricultores familiares. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Frazer, M. D. P. P. (2023). Inversión pública en la agricultura familiar de Perú 2017–2022 [Tesis doctoral, Universidad César Vallejo].
- Galeas Miguez, M. A. (2014). Determinar la eficiencia de *Trichoderma harzianum* en el control biológico de *Bremia lactucae* en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* [bachelorThesis]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/7031>
- García-Mata, R., Pérez, A., & Bravo, D. (2022). Composición antioxidante en variedades tradicionales de lechuga cultivadas en sistemas agroecológicos. *Revista Latinoamericana de Ciencias de los Alimentos*, 10(2), 56–64.
- Gómez, L. M., García, J. R., & Porras, J. E. (2021). Evaluación agronómica de variedades comerciales de lechuga bajo condiciones tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 15(2), 187–196. <https://doi.org/10.17584/rcch.2021.v15i2.11243>
- Gutiérrez, L., Molina, F., & Ávila, C. (2021). Evaluación agronómica y nutricional de lechugas criollas en sistemas orgánicos bajo condiciones tropicales. *Agroecología y Desarrollo*, 17(1), 23–31.
- Harman, G. E., Doni, F., Khadka, R. B., & Uphoff, N. (2021). Improving soil health and plant productivity through microbiome management: Prebiotics, probiotics and biostimulants. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 606815. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.606815>
- Hernández Melchor, D. J., Ferrera Cerrato, R., & Alarcón, A. (2019). *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica y sistemas de fermentación para

producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Revista Chilena de Ciencias Agrícolas y Animales*, 35(1), 98–112. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>

Herrera, A. E. R., Ramírez, A. V. B., & Cárdenas, S. A. S. (2021). II Simposio de Ciencia para el Desarrollo Sostenible. *Ecología y Desarrollo Sostenible*, 2(S2).

Herrera, J. L., Morales, F., & Aravena, J. (2021). Efecto de micorrizas arbusculares sobre la eficiencia nutricional en lechuga cultivada en condiciones semiáridas. *Revista Chilena de Ciencias Agronómicas*, 77(2), 97–105. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental La Platina, Chile.

INIA. (2018). Manual de producción de lechuga (Boletín INIA N.º 374). http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/29500/INIA_Libro_0051.pdf?sequence=1&isAllowed=y

INTA. (2022). Manejo agronómico de cultivos hortícolas: lechuga tipo Iceberg (Boletín Técnico N.º 98). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Ji, S. H., Paul, N. C., Deng, J. X., & Kim, Y. H. (2020). Functional roles of *Trichoderma* spp. in plant growth promotion and biocontrol of soilborne plant pathogens. *Microorganisms*, 8(10), 1586. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8101586>

Lara Herrera, A., de la Rosa Rodríguez, R., & Trejo Téllez, L. I. (2023). Lechuga (*Lactuca sativa* L.): crecimiento y rendimiento bajo cinco proporciones de macronutrientes en solución nutritiva. *Bioagro*, 35(2), 113–122. <https://doi.org/10.51372/bioagro352.4>

Lazcano Bello, M. I. (2020). Análisis de la agricultura periurbana en condiciones de invernadero, en tres municipios del estado de Puebla [Tesis de maestría].

López-Miranda, J., Morales, E., & Vargas, S. (2019). Caracterización morfológica y adaptación de variedades locales de lechuga en sistemas campesinos. *Revista Agroproductividad*, 12(4), 23–30.

Malik, A., Jones, S., & Smith, P. (2023). A meta-analysis of lettuce variety performance in controlled environments: iceberg vs looseleaf. *Plants*, 12(14), 2623. <https://doi.org/10.3390/plants12142623>

Martínez, L., Herrera, M., & Delgado, J. (2020). Manejo fitosanitario en cultivos de hoja bajo agricultura ecológica. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(3), 42–50.

Mogro Marcatoma, E. J. (2024). Evaluación de tres bioformulados en combinación con fertilización química en el desarrollo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Crespa. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/22221>

Pechu Santisteban, J. M. (2019). Efecto de la inoculación de microorganismo eficiente (EM), Trichocastle y Basu en el crecimiento y rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad romana en condiciones de azotea-Tarma-2016. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2419>

- Peñaherrera, D., Paucar, B., Narváez, G., Torres, C., Villavicencio, A., Panchi, N., Enríquez, A., & Escobar, J. (2021). Insumos agroecológicos: estrategia de resiliencia al cambio climático en la Agricultura Familiar Campesina (AFC). Guía de Aprendizaje N.º 14. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP); Centro KOPIA–Ecuador; CIP; IICA; INIAP Quito, Ecuador.
- Pérez, J. (2021). Comparación de producción de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo sistema aeropónico vertical automatizado en cantón Daule – Guayas [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PEREZ%20RONQUILLO%20JOSE%20MIGUEL.pdf>
- Pineda-Insuasti, A., Martínez, J. L., & López, J. (2017). Uso de *Trichoderma* spp. en la producción agrícola sostenible. *Agroecología*, 12(1), 35–45.
- Rangel, A., Patiño, G., & Mendoza, A. (2020). Comparación del contenido de antioxidantes en variedades de lechuga cultivadas bajo invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(3), 231–238.
- Regalado Mafla, J. P. (2023). Evaluación del efecto de abono orgánico a base de estiércol de ovino en el cultivo de dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* L.) en la Granja Experimental PUCE-SI [Tesis de pregrado, PUCE Ibarra]. <https://repositorio.puce.edu.ec/items/3c6c6358-f389-40f5-832a-4f123e312a2c>
- Rodríguez, C., & Castañeda, D. (2020). Comportamiento de cultivares de lechuga tipo Iceberg en sistemas intensivos de producción en clima cálido. *Revista de Agricultura Tropical*, 36(1), 45–52.
- Romero Arias, A., Ruz Reyes, R. M., Nápoles García, M. C., Leyva Rodríguez, S. L., & Baez González, J. E. (2021). Efecto de la aplicación de cepas de micorrizas sobre el desarrollo morfoagronómico de *Glycine max* L. Pastos y Forrajes, 44(2), 57–74. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942021000100003&lng=es&tlng=es
- Rosero, M., Pacheco, D., & Jiménez, Y. (2023). Conservación de variedades criollas de hortalizas: avances en mejoramiento participativo en comunidades andinas. *Revista de Innovación Agrícola Andina*, 11(1), 14–22.
- Santana-Díaz, N. E., & Castellanos-González, H. (2018). Aplicación de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante del crecimiento en *Brassica oleracea* var. *capitata*. *Revista de Agricultura Tropical*, 39(2), 97–104.
- Serna Montenegro, G. S., Vélez, Y. F., & otros. (2022). Propuesta pedagógica para minimizar la degradación de suelos por fertilizantes químicos en la vereda La Fortuna. <https://repository.libertadores.edu.co/handle/11371/5461>
- Steffen, G. P. K., et al. (2020). Increasing productivity of cabbage by two species of *Trichoderma* fungi. *Plants*, 9(11), 2449. <https://doi.org/10.3390/plants9112449>

- Torres, J., & Valverde, C. (2022). La lechuga criolla: una alternativa para sistemas agrícolas resilientes en América Latina. *Agroecología y Sostenibilidad*, 9(1), 33–40.
- Valdivia Zambrana, H. B., & Almanza Vega, G. (2018). Evaluation of the effect of macronutrients from human urine as fertilizer in the grow of *Lactuca sativa*. *Revista Boliviana de Química*, 33(1), 20–26. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602016000100003&lng=es&tlng=es
- Velásquez V., P., Ruíz E., H., Chaves J., G., & Luna C., C. (2020). Productividad de lechuga *Lactuca sativa* en condiciones de túnel alto en suelo Vitric haplustands. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 31(2), 93–105. <https://doi.org/10.22267/rcia.143102.34>
- Villa Henao, M. D., & Cabrera Castillo, H. G. (2021). Aportes del análisis de A. B. Frank para la enseñanza de las micorrizas. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, 5(2), 20–41. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor/article/view/318>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de la predefensa.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA
ACTA
DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



ESTUDIANTE: Pozo Quelal Romel Alexander		CÉDULA DE IDENTIDAD: 0401974142	
PERIODO ACADÉMICO: 2025A		DOCENTE TUTOR: PhD. Segundo Ramiro Mora Quilismal	
PRESIDENTE TRIBUNAL: MSC. Edison Marcelo Ibarra Rosero		DOCENTE: MSC. Julio Jairo Peña Chamorro	
TEMA DEL TIC: "Evaluación de dos variedades en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) con interacción de micorrizas y trichodermas en la Finca San Francisco Cantón Huaca"			

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	7.00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7.17	Detallar de un poco mas sobre los bioinsumos aplicados
3	METODOLOGÍA	7.00	
4	RESULTADOS	7.00	
5	DISCUSIÓN	7.17	Mejorar la discusión para todas las variables en estudio
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7.17	Mejorar las conclusiones con el uso de los bioinsumos
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	7.17	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	7.00	Mejorar el formato del documento

Obteniendo una nota de: 7,12 Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el Lunes, 14 de julio de 2025


MSC. Edison Marcelo Ibarra Rosero
PRESIDENTE TRIBUNAL


MSC. Julio Jairo Peña Chamorro
DOCENTE


PhD. Segundo Ramiro Mora Quilismal
DOCENTE TUTOR

Anexo 2. Certificado del Abstrac departamento de Idiomas

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Pozo Quelal Romel Alexander DATE: Miércoles, 9 de julio de 2025 Topic: "Evaluación de dos variedades en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L) con interacción de micorrizas y trichodermas en la Finca San Francisco Cantón Huaca"				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 ☒	GOOD: 1,5 ☒	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 ☒	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 ☒	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 ☒	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
TOTAL/AVERAGE		TOTAL 9		
9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED				



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico
o Investigación.**

Autor: Pozo Quelal Romel Alexander

Fecha de recepción del abstract: Miércoles, 9 de julio de 2025

Fecha de entrega del informe: Miércoles, 9 de julio de 2025

El presente Informe validará la traducción del idioma español al Inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

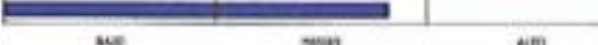
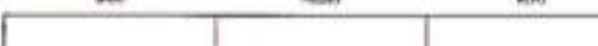
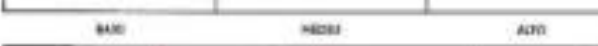
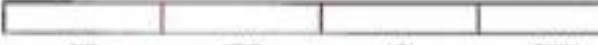
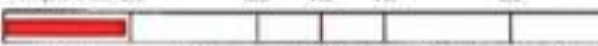
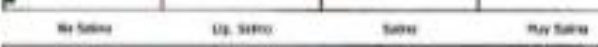
Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MA. Martha Viveros
Docente responsable del
CIDEN

Anexo 3. Resultado del análisis del suelo previo a la investigación.

LABONORT									
LABORATORIOS NORTE									
Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 09995911									
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
DATOS DE PROPIETARIO Nombre: <u>Rommel Pozo</u> Ciudad: <u>Huaca</u> Teléfono: <u>0967190030</u> Fax:	DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: <u>Carchi</u> Cantón: <u>Huaca</u> Parroquia: <u>Huaca</u> Sitio: <u>UPEC</u>								
DATOS DEL LOTE Sitio: <u>UPEC</u> Superficie: Número de Campos: <u>Muestra # 1</u> Cultivo Actual: <u>Lechuga</u> A Cultivar:	DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: <u>11509</u> Tipo de Análisis: <u>Elemental</u> Muestra: <u>Suelo, muestra 1</u> Fecha de Ingreso: <u>2024-03-12</u> Fecha de Reporte: <u>2024-03-17</u>								
Nutriente	Valor Unidad	INTERPRETACION							
N	31.25 ppm								
P	4.85 ppm								
S	ppm								
K	0.68 meq/100 ml								
Ca	10.46 meq/100 ml								
Mg	1.32 meq/100 ml								
Zn	ppm								
Cu	ppm								
Fe	ppm								
Mn	ppm								
B	ppm								
pH	5.28								
Acidez Int. (Al+H)	meq/100 ml								
Al	meq/100 ml								
Na	meq/100 ml								
Ce	0.140 mS/cm								
MO	%								
Ca	me								
Mg	K								
Ca+Mg	(meq/100ml)								
%	Sum Bases								
ppm	N Tot								
(%)	Cl								
(%)	Areia								
(%)	Uma								
(%)	Areia								
(%)	Clase Textural								
7.92	1.94	17.32	12.46						
Dr. Quím. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio									
LABORATORIOS NORTE LABONORT									

Anexo 4. Fotografías



Figura 3. Delimitación y preparación del terreno.



Figura 4. Validación y trasplante de plántulas.



Figura 5. Aplicación de abonos orgánicos



Figura 6. Toma de datos.



Figura 7. Cosecha de lechuga.



Figura 8. Pesaje y colocación en gavetas para la venta.