

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto de ecto y endomicorrizas en el rendimiento y poscosecha en coliflor
(*Brassica oleracea* var. Botrytis) en condiciones de Paucartambo – Pasco**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autor:

Bach. Teresa Andrea JORGE TAIPE

Asesor:

MSc. Josué Hernán INGA ORTIZ

Cerro de Pasco - Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto de ecto y endomicorrizas en el rendimiento y poscosecha en coliflor
(*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) en condiciones de Paucartambo – Pasco**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Fernando James ALVAREZ RODRIGUEZ
PRESIDENTE

Mg. Fidel DE LA ROSA AQUINO
MIEMBRO

Mg. Alfredo Exaltación CONDOR PEREZ
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 070-2025/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
JORGE TAIPE, Teresa Andrea

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – Paucartambo

Tipo de trabajo
Tesis

Efecto de ecto y endomicorrizas en el rendimiento y poscosecha en coliflor (*Brassica oleracea* var. Botrytis) en condiciones de Paucartambo – Pasco

Asesor
MSc. INGA ORTIZ, Josué Hernán

Índice de similitud
15 %

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 17 de diciembre de 2025



Firmado digitalmente por PONCE
ROSAS Fortunato Candelano FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 17.12.2025 22:30:09 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

DEDICATORIA

A mi amada familia, por apoyarme en todo momento de mi carrera, muchos de mis logros se lo debo a ustedes. Por motivarme constantemente para escribir la tesis.

Teresa

AGRADECIMIENTO

Queremos dejar constancia de un sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Agronomía Paucartambo, por darnos la oportunidad de estudiar y ser parte de ella, porque gracias a su cariño, guía, apoyo y confianza depositado, logramos terminar nuestros estudios que constituyen el regalo más grande que pudiéramos recibir por lo cual viviremos eternamente agradecidos.

De manera especial queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento leal y profundo reconocimiento al Mg. Josué Hernán Inga Ortiz, asesor de la presente tesis, quien nos guio en la planificación, desarrollo y culminación de esta tesis de título profesional.

RESUMEN

La investigación evaluó el efecto de ecto y endomicorrizas en el rendimiento y poscosecha del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* var. Botrytis) en Paucartambo - Pasco. Se realizó un estudio experimental explicativo, manipulando la aplicación de micorrizas para analizar su impacto en el desarrollo del cultivo. Los resultados indicaron que el uso de micorrizas antes del trasplante y en dosis altas mejoró significativamente el prendimiento y crecimiento, logrando un 100% de establecimiento y mayor diámetro de cabeza en comparación con al tratamiento testigo sin micorrizas. No se encontraron diferencias estadísticas en el número de hojas entre algunos tratamientos con micorrizas, lo que sugiere un efecto similar en el desarrollo foliar. Además, la aplicación de micorrizas aceleró la maduración del cultivo, reduciendo el tiempo de cosecha a 87-90 días, mientras que sin micorrizas el ciclo se extendió hasta 103 días. Los tratamientos con mayores dosis lograron el mejor rendimiento y peso de la coliflor. Así mismo en términos de poscosecha, el tratamiento con mayor dosis (T4) alcanzó una conservación de 15 días, aunque sin diferencias significativas con otros tratamientos con micorrizas. Estos hallazgos subrayan la importancia de las micorrizas para optimizar la producción y calidad de la coliflor.

Palabra clave: micorrizas, coliflor, rendimiento, poscosecha.

ABSTRACT

The research evaluated the effect of ecto- and endomycorrhizae on the yield and post-harvest quality of cauliflower crops (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) in Paucartambo - Pasco. An explanatory experimental study was conducted, manipulating the application of mycorrhizae to analyze their impact on crop development. The results indicated that the use of mycorrhizae before transplantation and in high doses significantly improved plant establishment and growth, achieving 100% establishment and a larger head diameter compared to the control treatment without mycorrhizae. No statistical differences were found in the number of leaves among some mycorrhizal treatments, suggesting a similar effect on foliar development. Additionally, mycorrhizal application accelerated crop maturation, reducing the harvest time to 87-90 days, whereas without mycorrhizae, the cycle extended up to 103 days. Treatments with higher doses achieved the best cauliflower yield and weight. In terms of post-harvest performance, the treatment with the highest dose (T4) maintained a shelf life of 15 days, although without significant differences compared to other mycorrhizal treatments. These findings highlight the importance of mycorrhizae in optimizing cauliflower production and quality.

Keywords: mycorrhizae, cauliflower, yield, post-harvest.

INTRODUCCIÓN

La coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) es una hortaliza de alto valor nutricional y económico, ampliamente cultivada en diversas regiones del mundo. Su producción está influenciada por múltiples factores, entre ellos la calidad del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la interacción con microorganismos beneficiosos. Entre estos microorganismos, las micorrizas desempeñan un papel fundamental en la mejora del crecimiento y desarrollo de las plantas a través de su asociación simbiótica con las raíces, facilitando la absorción de nutrientes esenciales como el fósforo y el nitrógeno, además de mejorar la tolerancia a condiciones adversas del suelo.

Las micorrizas pueden clasificarse en ectomicorrizas y endomicorrizas, según la forma en que colonizan las raíces de las plantas. Las ectomicorrizas forman una estructura externa alrededor de las raíces sin penetrar las células corticales, mientras que las endomicorrizas, como las micorrizas arbusculares, penetran las células radicales y establecen una conexión directa con la planta. Estas interacciones han sido estudiadas en diversos cultivos agrícolas, demostrando efectos positivos en el rendimiento y calidad de la cosecha, aunque su impacto específico en el cultivo de coliflor bajo condiciones agroclimáticas particulares aún requiere mayor investigación.

Paucartambo, ubicado en la región de Pasco, presenta condiciones agroecológicas que pueden afectar significativamente el crecimiento y desarrollo de la coliflor, tales como suelos de baja fertilidad y temperaturas variables. En este contexto, el uso de micorrizas podría representar una estrategia sostenible para mejorar la productividad y calidad poscosecha de este cultivo. Sin embargo, es necesario evaluar la efectividad de diferentes tipos de micorrizas en estos sistemas de producción para determinar su impacto en la absorción de nutrientes, el rendimiento y la conservación del producto después de la cosecha.

En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de ecto y endomicorrizas en el rendimiento y calidad poscosecha de la coliflor en condiciones de Paucartambo, Pasco. Se espera que los resultados contribuyan al desarrollo de estrategias de manejo agronómico más eficientes y sostenibles, promoviendo el uso de biofertilizantes naturales como alternativa a la fertilización química convencional. Con ello, se pretende mejorar la productividad del cultivo y la rentabilidad para los agricultores de la zona, además de generar conocimientos aplicables en sistemas agrícolas con condiciones similares.

ÍNDICE

Páginas.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	3
1.2.1.	Delimitación espacial.....	3
1.2.2.	Delimitación temporal	3
1.2.3.	Delimitación social	3
1.3.	Formulación del problema	3
1.3.1.	Problema general	3
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo general.....	4
1.4.2.	Objetivos específicos	4
1.5.	Justificación de la investigación	4
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	8
2.2.	Bases teóricas científicas	12
2.2.1.	Origen y distribución de coliflor.....	12
2.2.2.	Taxonomía	12
2.2.3.	Requerimientos edafoclimáticos.....	12
2.2.4.	Descripción morfológica.....	14
2.2.5.	Valor nutricional	16
2.2.6.	Tecnología de producción.....	16
2.2.7.	Micorrizas en las plantas.....	19
2.2.8.	Micorrizas usadas.....	20
2.3.	Definición de términos básicos.....	22
2.4.	Formulación de hipótesis	23
2.4.1.	Hipótesis general.....	23
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	23
2.5.	Identificación de variables	24
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	24

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	25
3.2.	Nivel de investigación.....	25
3.3.	Métodos de investigación	25
3.4.	Diseño de investigación	25
3.4.1.	Características del campo experimental.....	26

3.5.	Población y muestra	27
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	28
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	28
3.9.	Tratamiento estadístico	28
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica	29
3.10.1.	Autoría	29
3.10.2.	Originalidad	29

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	30
4.1.1.	Ubicación del campo experimental.....	30
4.1.2.	Ubicación geográfica	30
4.1.3.	Ubicación Geográfica	30
4.1.4.	Análisis de suelos.....	31
4.1.5.	Resultados del análisis de suelos	31
4.1.6.	Datos meteorológicos.....	32
4.1.7.	Conducción del experimento	32
4.1.8.	Registro de datos.....	34
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	35
4.2.1.	Porcentaje de prendimiento (%).....	36
4.2.2.	Número de hojas (n°)	36
4.2.3.	Diámetro de cabeza (cm)	38
4.2.4.	Número de días a la cosecha (n°).....	40
4.2.5.	Peso de cabeza (kg).....	41

4.2.6.	Rendimiento por hectárea (t/ha).....	43
4.2.7.	Días a la duración postcosecha (n°).....	44
4.3.	Prueba de hipótesis	46
4.4.	Discusión de resultados.....	46
4.4.1.	Porcentaje de prendimiento (%).....	46
4.4.2.	Número de hojas (n°).....	46
4.4.3.	Diámetro de cabeza (cm)	47
4.4.4.	Número de días a la cosecha (n°).....	47
4.4.5.	Peso de cabeza (kg).....	47
4.4.6.	Rendimiento por hectárea (t/ha).....	48
4.4.7.	Días a la duración postcosecha (n°).....	48

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas.
Tabla 1 Valor nutricional de la coliflor.....	16
Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables.....	24
Tabla 3 Tratamientos en estudio	28
Tabla 4 Resultados de análisis de suelo	31
Tabla 5 Datos meteorológicos en Oxapampa periodo 2024	32
Tabla 6 Análisis de variancia para número de hojas (n°)	36
Tabla 7 Prueba de Tukey para número de hojas (n°).....	37
Tabla 8 Análisis de varianza para diámetro de cabeza (cm).....	38
Tabla 9 Prueba de Tukey para diámetro de cabeza (cm)	38
Tabla 10 Análisis de varianza para número de días a la cosecha (n°)	40
Tabla 11 Prueba de Tukey para de número de días a la cosecha (n°).....	40
Tabla 12 Análisis de variancia para peso de cabeza o pellas (kg)	41
Tabla 13 Prueba de Tukey para peso de cabeza (kg).....	42
Tabla 14 Análisis de variancia para rendimiento por hectárea (t/ha)	43
Tabla 15 Prueba de Tukey para rendimiento por hectárea (t/ha).....	43
Tabla 16 Análisis de variancia para días a la duración postcosecha (n°)	44
Tabla 17 Prueba de Tukey para días a la duración postcosecha (n°).....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas.
Figura 1 Croquis experimental	27
Figura 2 Detalles de parcela experimental.....	27
Figura 3 Porcentaje de prendimiento (%).....	36
Figura 4 Número de hojas (n°)	37
Figura 5 Diámetro de cabeza (cm).....	39
Figura 6 <i>Número de días a la cosecha (n°)</i>	41
Figura 7 <i>Peso de cabeza (kg)</i>	42
Figura 8 <i>Rendimiento por hectárea (t/ha)</i>	44
Figura 9 <i>Duración postcosecha de las cabezas (días)</i>	45

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) es una hortaliza de alto valor nutricional, rica en vitaminas, minerales y fibra, con múltiples beneficios para la salud. Su consumo ha sido asociado con la prevención de enfermedades intestinales, la reducción de la tensión arterial, el fortalecimiento del sistema inmunológico y propiedades anticancerígenas (Cartea & Ordás, 2002).

Debido a su versatilidad culinaria, puede ser consumida en crudo, cocida o industrializada, lo que la convierte en un alimento ampliamente aceptado y comercializado a nivel global. A pesar de haber sido domesticada en la región del Mediterráneo oriental, su cultivo se ha extendido a diversas partes del mundo, convirtiéndose en una alternativa rentable para la exportación.

Para la formación de la pella (cabeza de la coliflor) se requieren períodos de baja temperatura o vernalización, condición que hace de Paucartambo una zona propicia para su producción. En el Perú, la provincia de Tarma es una de las principales zonas productoras de hortalizas y presenta condiciones edafoclimáticas similares a

Paucartambo, lo que sugiere un alto potencial para la producción de coliflor en esta región. Sin embargo, a pesar de su importancia económica y nutricional, aún existen aspectos poco estudiados sobre el manejo agronómico del cultivo, particularmente en lo que respecta al uso de ecto y endomicorrizas como biofertilizantes.

Las micorrizas, tanto ecto como endomicorrizas, han demostrado aportar múltiples beneficios a los cultivos. Entre estos se encuentran la mejora en la absorción de nutrientes esenciales, una mayor eficiencia en el uso del agua, la protección contra patógenos del suelo y la mejora en la estructura del suelo (Smith & Read, 2008). Además, la simbiosis micorrícica favorece el crecimiento y vigor de las plantas, incrementando su resistencia al estrés biótico y abiótico. Estudios recientes han evidenciado que las micorrizas inducen la producción de fitoalexinas, compuestos que fortalecen la defensa natural de las plantas contra hongos fitopatógenos y otros agentes patógenos (Intagri, 2024).

A pesar de estos beneficios, en Paucartambo aún no se han realizado estudios detallados sobre el efecto de las micorrizas en el rendimiento y calidad poscosecha de la coliflor. La falta de información técnica y capacitación de los agricultores limita la adopción de prácticas sostenibles que optimicen la productividad y rentabilidad del cultivo.

En este contexto, la presente investigación busca evaluar el impacto de la aplicación de ecto y endomicorrizas en la producción de coliflor en condiciones de Paucartambo, con el propósito de generar información científica que contribuya a mejorar el manejo del cultivo y promover el uso de biofertilizantes naturales como alternativa viable a la fertilización química convencional.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

Esta investigación se llevó a cabo en la localidad de Cacara, ubicada a tres kilómetros de la plaza de Paucartambo, sobre la margen derecha del río Paucartambo, la misma que está ubicado en la Provincia y Región de Pasco.

1.2.2. Delimitación temporal

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo durante los meses de agosto a diciembre del 2024, se consideró desde la formulación de la investigación hasta la presentación del informe final de tesis.

1.2.3. Delimitación social

Para la realización de esta investigación se trabajó con el equipo humano; quienes son el asesor de la tesis y la tesista que condujo el presente trabajo de investigación.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de ecto y endomicorrizas en el rendimiento y poscosecha en coliflor (*Brassica oleracea* var. Botrytis) en condiciones de Paucartambo - Pasco?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cómo se modifican las características agronómicas de las plantas de coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis) con el uso ecto y endomicorrizas en condiciones de Paucartambo – Pasco?

¿Cómo será la precocidad del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis) con el uso de ecto y endomicorrizas en condiciones de Paucartambo – Pasco?

¿Cuál será el rendimiento del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis) con el uso de ecto y endomicorrizas en condiciones de Paucartambo – Pasco?

¿Cómo será la senescencia de las pellas después de la cosecha de coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis) con el uso de ecto y endomicorrizas en condiciones de Paucartambo – Pasco?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto de ecto y endomicorrizas en el rendimiento y poscosecha en coliflor (*Brassica oleracea* var. Botrytis) en condiciones de Paucartambo - Pasco.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características agronómicas de las plantas de coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis) con el uso ecto y endomicorrizas en condiciones de Paucartambo - Pasco.
- Evaluar la precocidad del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis) con el uso de ecto y endomicorrizas en condiciones de Paucartambo - Pasco.
- Determinar el rendimiento del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis) con el uso de ecto y endomicorrizas en condiciones de Paucartambo - Pasco.
- Evaluar la senescencia de las pellas después de la cosecha de coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis) con el uso de ecto y endomicorrizas en condiciones de Paucartambo - Pasco.

1.5. Justificación de la investigación

a. Desde el punto de vista económico

El distrito de Paucartambo, debido a su ubicación geográfica y condiciones climáticas favorables, posee un entorno propicio para el cultivo de hortalizas. Estas condiciones ecológicas permiten fomentar la producción local de coliflor,

contribuyendo a la diversificación de la oferta alimentaria en el mercado y reduciendo la dependencia de otros centros de producción, como Tarma y la ciudad de Lima, cuyos productos suelen tener un mayor costo. Además, el cultivo de hortalizas tiene una significativa importancia económica en diversas regiones del país, especialmente en los mercados de la costa y la selva. En este contexto, el cultivo de coliflor en Paucartambo representa una oportunidad para fortalecer la economía local y nacional, incrementando la producción y rentabilidad del sector agrícola.

b. Desde el punto de vista social

El desarrollo del cultivo de coliflor en Paucartambo generará empleo para las familias campesinas, aumentando sus ingresos y mejorando su calidad de vida. Asimismo, el incremento en la producción fomentará el consumo local de coliflor, promoviendo una alimentación más saludable en la población. Considerando esta problemática, el presente trabajo de investigación busca brindar apoyo técnico a los agricultores, proporcionando información sobre prácticas innovadoras y sostenibles para optimizar la producción del cultivo.

c. Desde el punto de vista tecnológico

La industrialización de las hortalizas facilita un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, tanto materiales como humanos. Sin embargo, en Paucartambo, el cultivo de coliflor se encuentra limitado a pequeñas extensiones debido, en gran parte, al desconocimiento de técnicas adecuadas de manejo y conducción del cultivo. En este sentido, el uso de ecto y endomicorrizas representa una alternativa viable para mejorar los rendimientos agrícolas, optimizando la absorción de nutrientes y la resistencia de las plantas a factores adversos.

La presente investigación contribuirá a la generación de conocimiento sobre la aplicación de estos biofertilizantes en la producción de coliflor, facilitando su adopción entre los productores locales.

d. Desde el punto de vista alimenticio

El cultivo de hortalizas ha evolucionado desde su producción en huertos familiares hasta convertirse en una actividad de gran relevancia a nivel nacional. Diversos estudios nutricionales han demostrado la importancia de las hortalizas en la dieta humana, ya que son fuente de vitaminas, minerales y carbohidratos esenciales para la salud. En particular, la coliflor es rica en fósforo y potasio, además de contener compuestos bioactivos con propiedades beneficiosas para el organismo. La calidad nutricional de este cultivo está influenciada por factores como la variedad genética, el manejo del suelo y las condiciones climáticas, siendo fundamental una adecuada fertilización para maximizar su contenido vitamínico. En el mercado, la coliflor es altamente demandada debido a su valor nutricional y versatilidad culinaria. Adicionalmente, los residuos de cosecha pueden utilizarse como forraje complementario para ganado vacuno, porcino y aves de corral, promoviendo un aprovechamiento integral del cultivo y contribuyendo a la sostenibilidad agrícola.

1.6. Limitaciones de la investigación

Durante el proceso de la instalación del presente trabajo de investigación se presentó las siguientes limitaciones:

Las condiciones climáticas y edáficas específicas de Paucartambo - Pasco limitaron la generalización de los resultados a otras regiones con diferentes características agroecológicas.

La eficacia de las ectomicorrizas y endomicorrizas variaron dependiendo del tipo de suelo y de la variedad de coliflor utilizada, lo que influyó en los resultados obtenidos en términos de rendimiento y calidad postcosecha.

La dificultad para aislar completamente las variables externas, como la interacción con otros microorganismos del suelo, influyó en la interpretación de los efectos específicos de las micorrizas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

En la provincia de Pasco, distrito de Paucartambo, no se han llevado a cabo trabajos de investigación referente al uso de silicio foliar en coliflor. Sin embargo, en otras latitudes existen trabajos referentes al uso de silicio foliar:

Marin (2000) investigando “Las algaenzimas y micorrizas en la producción de coliflor (*Brássica olerácea* var. *Botrytis* L.)” reporta la problemática económica-social global relacionada con la alimentación y cómo México ha experimentado un auge en la producción de hortalizas debido a la expansión de nuevas regiones agrícolas, aumento en las exportaciones y la instalación de plantas procesadoras. La coliflor, reconocida por ser una de las crucíferas más delicadas en su manejo, destaca en el mercado europeo y nacional, donde su consumo supera al del brócoli. La mayor parte de la producción mexicana de coliflor se destina a la exportación en forma procesada o congelada. La investigación busca mejorar la calidad y rendimiento de la coliflor mediante el uso de productos naturales como algaenzimas y micorrizas, que promueven el crecimiento, la resistencia al estrés ambiental y la protección contra parásitos, mientras reducen la

necesidad de fertilizantes y pesticidas, protegiendo el medio ambiente y disminuyendo los costos de producción.

Rojas (2017) investigando “Comportamiento de un cultivar de coliflor var. Incline (*Brassica oleracea* var *botrytis*) a la aplicación de cuatro productos agroecológicos” reporta que en la estación experimental Los Robles de la Universidad Adventista de Chile, se realizó un estudio sobre el cultivar de coliflor Incline para evaluar la efectividad de cuatro productos agroecológicos (Ecofungi, Comcat, Zumsil y Lithovit) en la productividad del cultivo. Se utilizaron seis tratamientos diferentes en un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, midiendo parámetros como el rendimiento, peso y diámetro de las pellas. Los análisis estadísticos mostraron que la combinación de micorrizas, bio-extracto de plantas, ácido mono-silícico y fertilizante a base de CO₂ aumentó el peso de la coliflor en un 19%. Sin embargo, cuando se excluyó el fertilizante de CO₂, el tamaño de las pellas incrementó en un 10%. Las micorrizas por sí solas no mejoraron el rendimiento y tuvieron un efecto depresivo. El uso de estos productos ofrece una opción rentable y sostenible para mejorar la productividad de la coliflor.

Díaz (2022) en la investigación “Evaluación de abonos orgánicos y micorrizas sobre el rendimiento de cultivo de apio (*Apium graveolens*) en el municipio de Ipiales” reporta que la investigación realizada en Ipiales evaluó el efecto de abonos orgánicos y micorrizas (safer) en el rendimiento del cultivo de apio. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos incluyeron combinaciones de vermicompost, gallinaza, compost, micorrizas, y un fertilizante químico. Las parcelas experimentales contenían 28 plantas de apio cada una, evaluándose variables como altura del tallo, diámetro, número de hojas, peso por tratamiento y análisis costo-beneficio. El tratamiento con gallinaza y

micorrizas (T5) resultó ser el más efectivo, alcanzando una producción de 7215,18 kg ha⁻¹, superando incluso al tratamiento químico (T7). En términos económicos, T5 también fue el más rentable, con una utilidad neta de \$1729,85 USD y un beneficio de \$1,92 USD por dólar invertido. Los resultados indican que los abonos orgánicos y biofertilizantes como las micorrizas son alternativas viables y eficaces para la fertilización del apio.

Álvarez y García (2018) en la investigación “Distribución poblacional de micorrizas en los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) afectados por el cambio climático en el municipio de Patacamaya” reporta que la investigación en el altiplano se centró en evaluar la densidad de micorrizas en cultivos de papa y quinua, analizando su relación con la precipitación y el rendimiento. La baja producción en la región, causada por la pobre adsorción de nutrientes, se contrarresta con el manejo de suelos en descanso, lo que impacta indirectamente en la población de micorrizas. El estudio se realizó en las comunidades de Alto Patacamaya y Collpa Huancarani, donde se tomaron muestras de suelo rizosférico. Se encontró que la mayor densidad de micorrizas en papa fue en Alto Patacamaya con 684 esporas 100g⁻¹ de suelo, mientras que en Collpa Huancarani fue de 652 esporas. En quinua, la densidad máxima fue de 292 esporas en Alto Patacamaya. La precipitación y humedad también variaron entre las comunidades, afectando la densidad de micorrizas. La correlación entre micorrizas y rendimiento mostró una relación débil en Alto Patacamaya y moderada en Collpa Huancarani. Los resultados indican diferencias en la población de micorrizas entre cultivos y localidades.

Reva (2022) en la investigación “Estudio de la eficacia agrícola de un gel inoculante micorrícico ultrapuro de última generación” reporta que las micorrizas arbusculares han sido objeto de estudio durante más de un siglo, y su importancia en la

agricultura y el medio ambiente es cada vez más reconocida. Estas simbiosis pueden mejorar la productividad de cultivos, reducir la necesidad de abonos, y aumentar la resistencia de las plantas a plagas y estrés ambiental. Los avances en inoculantes micorrícicos, como un gel ultrapuro desarrollado en 2005, han revolucionado su aplicación en la agricultura. Este gel permite una rápida colonización de las raíces y ha demostrado ser efectivo en diversos cultivos, como olivo, pistachero, tomate y maíz, tanto en invernadero como en campo abierto. Los ensayos realizados han demostrado mejoras en el vigor, la productividad y la calidad de las cosechas, además de ofrecer beneficios económicos significativos para los agricultores. La combinación del gel con otros inoculantes biológicos, como *Azospirillum brasilense*, ha mostrado efectos sinérgicos que potencian aún más estos beneficios, promoviendo una agricultura más sostenible y rentable.

Grosso (2020) en la investigación “Interacción de micorrización y biofumigación como herramientas de prevención y control de *Nacobbus aberrans*” reporta que *Nacobbus aberrans* es uno de los problemas bióticos más importantes en la región hortícola platense. Se han estado implementando diversas estrategias de bajo impacto ambiental para reducir la población de este fitoparásito. Este estudio analizó conjuntamente el impacto de la simbiosis micorrícica y la biofumigación en *N. aberrans* en plantas de tomate platense. Tanto la micorrización como la biofumigación lograron disminuir la población del nematodo, aunque la combinación de ambas técnicas no resultó en una reducción mayor que cuando se aplicaron por separado. La micorrización consume una cantidad significativa de fotoasimilados de la planta, que bajo estrés es compensada por los beneficios que el hongo proporciona. Esto se verificó midiendo indicadores de estrés como el malondialdehído y la prolina en el tejido vegetal. El desarrollo y la viabilidad del hongo micorrícico *Funneliformis mosseae* fueron

afectados por los gases liberados durante la biofumigación. Para maximizar los beneficios de estas prácticas, no deben aplicarse simultáneamente, sino de manera secuencial dentro de un plan de manejo integrado.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Origen y distribución de coliflor

Escobar y Escobar (2023) manifiesta que la coliflor es oriunda de la región mediterránea de Europa, pues existen datos de la utilización de esta hortaliza desde tiempos muy remotos, en el sur de Italia, Egipto y Malta. Así mismo manifiesta que la coliflor recién comenzó a perfeccionarse en 1660 y que las coliflores de invierno, llamadas brócolis o brocoleras y las coliflores de verano, tienen origen muy próximo, a tal punto que no existe diferencias notables en sus caracteres botánicos, ambas derivadas de la *Brassica oleracea* botrytis.

2.2.2. Taxonomía

Strasburger (2003) manifiesta que la coliflor presenta la siguiente clasificación:

Orden	: Capparales
Clase	: Dicotiledonea
Sub clase	: Dillenidae
Familia	: Brassicaceae (Antiguamente cruciferae)
Nombre científico	: Brassica oleracea var. botrytis.

2.2.3. Requerimientos edafoclimáticos

Aubert (2021), reporta que la coliflor crece mejor en climas fríos y húmedos. Temperaturas del aire o del suelo muy bajas durante la primera parte del cultivo, pueden provocar la aparición de inflorescencias tempranas. Altas temperaturas cuando están madurando provocan la maduración de cabezas defectuosas y causa un rápido crecimiento de estas siendo imposibles en grandes extensiones, cosechar en el momento

oportuno. En climas secos y cálidos, el crecimiento se dificulta, formándose cabezas duras y pequeñas.

Duran (2022), dice que es deseable que, durante el último periodo de crecimiento, la temperatura sea baja y uniforme prevaleciendo las mejores condiciones. Cuando se presentan temperaturas por debajo del óptimo, la madurez se entorpece, las cabezas reducen su tamaño y la producción disminuye. Para que haya una buena germinación, la semilla deberá contar con temperaturas que oscilen entre los 10 y 24 °C los requerimientos mensuales para el cultivo de coliflor se encuentran entre los 16 y 21 °C, contando además con alta humedad atmosférica.

Benites y Merino (2022), menciona que Las coliflores son algo más sensibles al frío que el brócoli, ya que responden mal a las bajas temperaturas (0 °C), afectándole además las altas temperaturas (> 26 °C). La temperatura óptima para su ciclo de cultivo oscila entre 15.5 - 21.5 °C. Las variedades y su ciclo se cultivan en relación con las posibles heladas donde se presenten. En estos casos se utilizarán variedades cuyas hojas arrojen las pellas cuando alcancen su tamaño de mercado, debiendo cosecharlas antes de que las hojas se abran y dejen de proteger la pella que puede ser dañada entonces por las heladas.

Delgado (1982), señala que esta especie crece a 7 °C, sin embargo, su crecimiento óptimo se encuentra entre los 15,5 - 18 °C. También afirman que con temperaturas sobre 27 °C se puede presentar un crecimiento del tallo lo cual ocasiona que la cabeza se abra indeseablemente.

Suelo

Thompson (1949), manifiesta con respecto al suelo que la coliflor se siembra en diversas clases de suelo, estos deberán ser fértiles y contar con buenas condiciones físicas, químicas y biológicas, entre las que tenemos: buena cantidad de materia

orgánica, buena retención de humedad y buen drenaje. En cuanto a la reacción del suelo, a la coliflor se le considera como poco tolerante a la alta acidez. Se ha encontrado que los mejores rendimientos se obtienen en suelos con un pH de 5.5 a 6.6. Cuando el pH tiende a la neutralidad los rendimientos decrecen.

San Martín (1985), menciona que la coliflor es más exigente en cuanto al suelo que los restantes cultivos de su especie, necesitando suelos con buena fertilidad y con gran aporte de nitrógeno y de agua. En tierras de mala calidad o en condiciones desfavorables no alcanzan un crecimiento óptimo. La coliflor es un cultivo que tiene preferencia por suelos porosos, no encharcados, pero que al mismo tiempo tengan capacidad de retener la humedad del suelo.

2.2.4. Descripción morfológica

Lozada (1997), explica la descripción morfológica de la coliflor:

Sistema radicular

El sistema radicular de la coliflor es reducido, con una raíz pivotante de cerca de 50 cm de largo y de raíces laterales relativamente pequeñas, provistas de numerosos pelos radicales, la capacidad de exploración del suelo no es por tanto muy elevada.

Tallos

Los tallos son cilíndricos, cortos terminando en una masa voluminosa de yemas florales hipertrofiadas muy apretadas unas juntas a otras.

Hojas

Las hojas son sésiles, enteras, poco o muy onduladas, oblongas (de unos 40 – 50 cm de largo y 20 cm de ancho), elípticas y muy erguidas, extendiéndose en forma más vertical y cerrada que en el caso del brócoli.

Flores

Las flores son amarillas o blanquecinas, de unos 2,5 mm de diámetro y se agrupan en racimos desarrollados a partir del tallo principal y de sus ramificaciones. Durante la diferenciación floral se desarrollan sucesivamente cuatro sépalos erectos, seis estambres, dos carpelos y cuatro pétalos, disponiéndose sobre pedicelos a lo largo del pedúnculo de la inflorescencia. La polinización es cruzada y entomófila. El fruto es una silicua cilíndrica, dehiscente y glabra, de aproximadamente 10 cm de longitud y 4 a 5 mm de ancho, y contiene unas 20 semillas por lóculo, las que son redondeadas y pequeñas (2 mm de diámetro).

Becerra (1956), menciona que “la coliflor es una planta anual, de porte arrocetado bastante sensibles a heladas y que prefiere suelos bien mullidos. Posee una raíz pivotante leñosa y fuerte. Presenta hojas grandes, pennadas y pennatipartidas; con el lóbulo terminal más grande que los laterales, los cuales son de diversos tamaños, puede medir hasta 60 cm. de largo por 25 cm. de ancho. La coloración de las hojas es de verde grisáceo”.

La cabeza, que es la parte comestible, es una panoja terminal muy ramificada, inicialmente es muy contraída y tiene ejes florales gruesos y tiernos, que son los que van a producir las yemas florales blancas y muy pequeñas. Sus flores son heteroclamídeas, grandes y largas del tipo cuatro: cáliz de cuatro sépalos dispuestos en dos ciclos; y corolas con cuatro pétalos de color amarillo cremoso libres entre sí que tiene una uña bien desarrollada y están dispuestas en un solo ciclo en forma de cruz. Además, tienen seis estambres tetradinos con ovario supero, dos carpelos y dos lóbulos con placentación parietal. El fruto es silicua lomentácea con pico largo. En el interior se encuentra las semillas que son pequeñas y con embrión conduplicado, germinan a

los seis días y su poder germinativo puede durar hasta los cuatro años. En diez gramos hay alrededor de 5000 semillas.

2.2.5. Valor nutricional

Carlier (1978), manifiesta que la coliflor tiene el siguiente valor nutricional:

Tabla 1 *Valor nutricional de la coliflor*

Valor nutricional de la coliflor en 100 g de sustancia	
Agua (%)	92
Energía (kcal)	24
Proteína (g)	2.0
Grasa (g)	0.2
Carbohidratos (g)	4.9
Fibra (g)	0.9
Calcio (mg)	29
Fósforo (mg)	46
Hierro (mg)	0.6
Sodio (mg)	15
Potasio (mg)	355
Vitamina A (U.I.)	16
Tiamina (mg)	0.08
Riboflavina (mg)	0.06
Niacina (mg)	0.63
Ácido ascórbico (mg)	71.5
Vitamina B ₆ (mg)	0.23

2.2.6. Tecnología de producción

Sembrío: Becerra (1956), manifiesta que en el Perú el único sistema empleado para la siembra es el indirecto, posteriormente se trasplanta al campo definitivo. Las razones porque se prefiere este método de cultivo son: economía de semillas pues el precio es sumamente alto, el buen cuidado que se puede tener con las plantas en el

almácigo, la economía de agua y tierra, se puede adelantar considerablemente el cultivo, aun cuando las temperaturas exteriores sean muy baja o muy alta y por último debemos considerar la alta sanidad que es posible alcanzar en los almácigos, debido a su pequeña extensión. Gamero (1956), reporta que el estancamiento que sufren las plantas después del trasplante sería una ventaja, pero se puede compensar con el adelanto en la fecha de siembra que se realiza por almácigos. El sembrío de los almácigos se puede hacer a mano tanto al boleó como líneas. Terminados de sembrar, se procederá a regar los almácigos con regaderas, dando una lluvia fina, nunca con choro fuerte ya que las semillas serían sacadas a la superficie del suelo o se malograrían las plantas recién brotadas. Knott (1956), sostiene que el suelo de los almácigos, se mantendrá siempre limpio de malas hierbas y con una humedad adecuada, efectuando dos riegos al día, especialmente en verano. La cantidad de semilla para sembrar una hectárea es de 400 - 500 g la temperatura mínima del suelo para que crezca la semilla es de 4.4 °C, la óptima es de 26.6 °C y la máxima es de 36.7 °C.

Almácigos: Becerra (1956), dice que los almácigos pueden ser hechos en camas profundas, superficiales y altas, son mejores las intermedias, siempre y cuando estén protegidas por un tinglado que defiende a las plantitas de temperaturas muy altas o de temperaturas frías. La tierra de los almácigos se prepara con tierra vegetal y arena en proporciones adecuadas a manera de tener un suelo que reúna las condiciones suficientes de soltura. Se mezcla bien estos elementos y luego se nivela lo mejor posible la cama de almacigo. Se debe evitar los suelos demasiado ricos, debido a que la planta sufre estrés en el momento del trasplante. Las semillas se sembrarán en hileras de 10 cm. de separación. No se recomienda una densidad más alta. Quince días antes del trasplante, se procederá al agoste de las plantitas.

Semillas: Knott (1956), reporta que es deseable que ésta sea lo más pura posible, posea un alto poder germinativo, estando libre de toda contaminación de plagas y enfermedades. Es recomendable que todo horticultor se provea de buenos semilleros, conocidos y sobre todo que el producto de la compra sea garantizado y certificado.

Trasplante: Knott (1956), manifiesta que aproximadamente que al mes y medio de sembrados los almácigos, las plantitas estarán en condición de ser trasplantadas al campo definitivo. Se regará el terreno definitivo, unas seis u ocho horas antes de efectuar esta operación. En el país en trasplante se hace a mano, aunque ya está en uso en algunas zonas de los E.E.U.U., el trasplante a máquina, que se justifica solo para grandes extensiones. Las plantas aptas para el trasplante deberán medir 15 a 18 cm. está probado que cuando esta tiene un mayor tamaño crecen defectuosamente y se produce el abotonamiento temprano. Plantas demasiadas pequeñas no se emplean porque carecen del vigor suficiente y por lo tanto el porcentaje de rendimiento será muy bajo. Esta operación se realiza generalmente por las tardes, por las mañanas solo en los días de invierno bien nublados y sobre todo, nunca en horas de mucho sol. Inmediatamente después de terminada esta operación o a la mañana siguiente, se procederá a dar un riego suave para favorecer el prendimiento. Esta etapa del cultivo es de suma importancia para los rendimientos finales, por lo cual se recomienda hacerlo con mucho cuidado, para obtener un porcentaje bajo de fallas.

Distanciamiento: Becerra (1956), manifiesta que los distanciamientos varían según la variedad, el tamaño de las plantas y la fertilidad del terreno. Usualmente se usa un distanciamiento entre surcos de 80 a 85 cm. cuando se usan variedades tempranas el distanciamiento entre plantas serán de 40 cm. aproximadamente y cuando se usan variedades tardías será de 60 a 80 cm.

Riegos: Shoemaker (1965), manifiesta que la coliflor es una planta susceptible a la sequía. La cantidad de agua por aplicarse dependerá del tipo de suelo, así en suelos arenosos los riegos serán frecuentes y ligeros, en cambio en suelos arcillosos, los riegos serán más espaciados. La frecuencia de los riegos varía en invierno o en verano. El intervalo en invierno será de 10 días mientras que durante el verano será de 6 días aproximadamente. La coliflor requiere una considerable cantidad de agua, cuando la cabeza empieza a formarse, en este tiempo riegos semanales serán apropiados, siendo el tiempo de duración de estos, de 4 a 5 horas, dependiendo siempre de la calidad de suelo.

Cultivo: Shoemaker (1965), reporta que la coliflor es un cultivo superficial que mata las malas hierbas y a la vez ayuda a conservar la humedad del suelo. Cultivos profundos destruyen las raíces y hacen que la tierra pierda humedad. Estos deberán prolongarse hasta cuando las cabezas estén formadas, ya que el polvo que levantan malograría la calidad de estas. Durante el último paso de cultivadora, se procederá a hacer un pequeño aporque, para evitar la tumbada de la planta por causa del viento.

2.2.7. Micorrizas en las plantas

Las micorrizas son relaciones mutualistas entre hongos y las raíces de las plantas. En estas asociaciones, el hongo coloniza el sistema radicular de la planta y facilita el intercambio de nutrientes. A cambio, la planta proporciona al hongo productos fotosintéticos como azúcares.

Tipos de Micorrizas

Ectomicorrizas: Los hongos forman una red externa alrededor de las raíces, sin penetrar en las células radiculares. Este tipo de micorriza es común en árboles y algunas plantas leñosas (Symborg, 2023). **Endomicorrizas (o Micorrizas Arbusculares):** Los hongos penetran las células radiculares y forman estructuras internas como arbuscúlos

y vesículas, facilitando el intercambio de nutrientes entre el hongo y la planta (Hifas Foresta, 2024).

Mecanismo de Acción

Absorción de Nutrientes: Las micorrizas incrementan la superficie de absorción de las raíces, mejorando la captura de nutrientes esenciales como fósforo, nitrógeno y otros minerales del suelo (Intagri, 2024).

Resistencia al Estrés: Las micorrizas ayudan a las plantas a enfrentar condiciones adversas como sequías, salinidad y estrés térmico (Agrominerales Basaltika, 2024).

Salud del Suelo: Contribuyen a la estructura del suelo y fomentan la biodiversidad microbiana, lo que puede mejorar la salud general del ecosistema del suelo (Hifas Foresta, 2024).

2.2.8. Micorrizas usadas

Plant Success Organics (2024) Granular Micorrizae es un producto diseñado para mejorar la salud y el crecimiento de las plantas a través de la aplicación de micorrizas arbusculares. A continuación, se ofrece una descripción detallada de este producto:

Descripción del Producto

Composición:

Micorrizas Arbusculares: El producto contiene una mezcla de esporas de hongos micorrícicos arbusculares (AMF), que forman asociaciones simbióticas con las raíces de las plantas. Las especies de hongos específicas pueden variar, pero suelen incluir géneros como ectomicorrizas: *Pisolithus*, *Rhizopogon*, *Scleroderma*, *Suillus* y *Laccaria*, endomicorrizas *Gigaspora*, *Paraglomus*, *Rhizophagus*, *Glomus*, y *Claroideoglomus*.

Ingredientes Orgánicos: Además de las micorrizas, el producto puede contener Bacterias como: Bacillus, Paenibacillus, Azotobacter, Pseudomonas, hongos como Trichoderma, Saccharomyces, además, materiales orgánicos adicionales como compost o harina de hueso para mejorar la calidad del suelo y proporcionar nutrientes adicionales.

Formato y Presentación:

Forma Granular: Se presenta en forma de gránulos que facilitan su aplicación directa al suelo. Este formato permite una distribución uniforme y una liberación controlada de los propágulos de micorrizas.

Envase: Generalmente disponible en envases de diferentes tamaños, como bolsas de 1 kg, 2.5 kg, y 5 kg, dependiendo de las necesidades de cultivo.

Aplicación:

Método de Aplicación: El producto se puede aplicar al suelo durante la preparación del lecho de siembra o mezclado con el sustrato en macetas. También es adecuado para la aplicación en el momento de plantar o trasplantar.

Dosis Recomendada: Las instrucciones de uso suelen recomendar una cantidad específica de gránulos por metro cuadrado o por planta, que puede variar según el tipo de cultivo y las condiciones del suelo.

Beneficios:

Mejora de la Absorción de Nutrientes: Las micorrizas arbusculares aumentan la superficie de absorción de las raíces, mejorando la captación de nutrientes como fósforo, nitrógeno y otros minerales esenciales.

Aumento de la Resiliencia: Favorece la resistencia de las plantas a condiciones adversas, como sequías, enfermedades y estrés ambiental.

Salud del Suelo: Contribuye a la mejora de la estructura del suelo, favoreciendo la actividad microbiana y la retención de agua.

Compatibilidad:

Uso en Cultivos: Es compatible con una amplia gama de plantas, incluyendo vegetales, flores, arbustos y árboles.

Compatibilidad con Fertilizantes: Generalmente puede usarse en combinación con fertilizantes y otras enmiendas del suelo, pero es importante seguir las recomendaciones del fabricante para evitar interferencias.

Consideraciones Adicionales:

Condiciones de Almacenamiento: Debe almacenarse en un lugar fresco y seco para mantener la viabilidad de los propágulos de micorrizas.

Precauciones: Evitar el contacto directo con los ojos y la piel, y seguir las instrucciones de aplicación para maximizar los beneficios.

2.3. Definición de términos básicos

Ectomicorriza

Una ectomicorriza es un tipo de micorriza en la que el hongo asociado con la planta forma una capa externa alrededor de las raíces, conocida como manto o vaina micorrícica. En este tipo de simbiosis, el hongo no penetra las células de la raíz de la planta, sino que se desarrolla en el espacio entre ellas, formando una red de Hartig. Esta red permite el intercambio de nutrientes entre la planta y el hongo.

Endomicorrizas

Una endomicorriza es un tipo de micorriza en la que el hongo asociado con la planta penetra dentro de las células de la raíz, formando estructuras especializadas como arbuscúlos y vesículas. Estas estructuras son fundamentales para el intercambio de nutrientes entre el hongo y la planta. A través de los arbuscúlos, el hongo facilita la

absorción de nutrientes esenciales como fósforo, nitrógeno y otros minerales del suelo, mientras que la planta proporciona al hongo azúcares y otros compuestos orgánicos derivados de la fotosíntesis.

Rendimiento

Es la relación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada. Se mide usualmente en toneladas métricas por hectárea (T.M./ha.).

Postcosecha

La postcosecha se refiere al manejo adecuado para la conservación de diversos productos agrícolas, con el fin de determinar la calidad y su posterior comercialización o consumo. Los objetivos de la postcosecha son los siguientes: Mantener la integridad física y calidad de los productos.

Coliflor

La coliflor es una hortaliza perteneciente a la familia de las coles. La parte que se consume es la flor o inflorescencia, muy apreciada por su sabor. Se puede utilizar de distintas maneras, tanto cruda como cocinada. Es una fuente importante de vitaminas y minerales. Además, aporta fibra y es un alimento bajo en calorías.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El efecto de las endo y ectomicorrizas será positivo en el rendimiento y poscosecha en coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis) en condiciones de Paucartambo - Pasco.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Las características agronómicas de las plantas de coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis) se modifican positivamente con el uso de endo y ectomicorrizas en condiciones de Paucartambo –Pasco.

- La precocidad del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis) se modifica positivamente con el uso de endo y ectomicorrizas en condiciones de Paucartambo – Pasco.
- El rendimiento del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis) se incrementa con el uso de ecto y endomicorrizas en condiciones de Paucartambo - Pasco.
- La senescencia de las pellas después de la cosecha de coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis) se incrementa con el uso de ecto y endomicorrizas en condiciones de Paucartambo – Pasco.

2.5. Identificación de variables

- **Variable independiente:** efecto de ecto y endomicorrizas.
- **Variable dependiente:** rendimiento y postcosecha en coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis).

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Unidad de medida
Variable independiente: efecto de ecto y endomicorrizas.	Características agronómicas. - % de prendimiento - Número de hojas por planta	% n°
Variable dependiente: rendimiento y postcosecha en coliflor (<i>Brassica oleracea</i> Var Botrytis)	- Diámetro de la inflorescencia Precocidad. - Número de días a la cosecha	cm n°
Variable interviniente: condiciones de Paucartambo	Rendimiento. - Peso de cabeza o pellas por planta - Rendimiento por hectárea Senescencia. -Días de duración después de la postcosecha	g kg/ha n°

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo cuantitativo, aplicativo y experimental, aplicando parámetros técnicos que determinaron los beneficios de la aplicación de micorrizas en el cultivo de coliflor.

3.2. Nivel de investigación

El presente trabajo de investigación se realizó a nivel explicativo. Los estudios experimentales implican la manipulación de una variable (en este caso, la aplicación de micorrizas) para evaluar su efecto en otras variables (rendimiento y calidad postcosecha), lo que es característico de este tipo de investigación.

3.3. Métodos de investigación

Se usó el método científico y experimental, se identificaron diversas variables durante la conducción del experimento.

3.4. Diseño de investigación

El diseño experimental utilizado fue el diseño de bloques completamente aleatorizados (DBCA).

3.4.1. Características del campo experimental

a. Del campo experimental

- Largo : 24.0 m
- Ancho : 9.5 m
- Área total : 228 m²
- Área Experimental : 180 m²
- Área de caminos : 48 m²

b. De la parcela

- Largo : 4.8 m
- Ancho : 2.5 m
- Área neta : 12 m²

c. Bloques

- Largo : 24 m
- Ancho : 2.5 m
- Total : 60 m²
- N° de parcelas por bloque : 5
- N° de bloques : 3
- N° total de parcelas del experimento: 15

d. Surcos

- Número de surcos/parcela : 6
- Número de surcos/bloque : 30
- Distancia entre surcos : 0,8 m
- Distancia entre plantas : 0.5 m
- Número de plantas /hilera : 5
- Número de plantas /tratamiento : 30
- Número total de plantas del exp. : 450
- Longitud de surcos : 2,5 m
- Ancho de parcela : 4,8 m

Figura 1 *Croquis experimental*

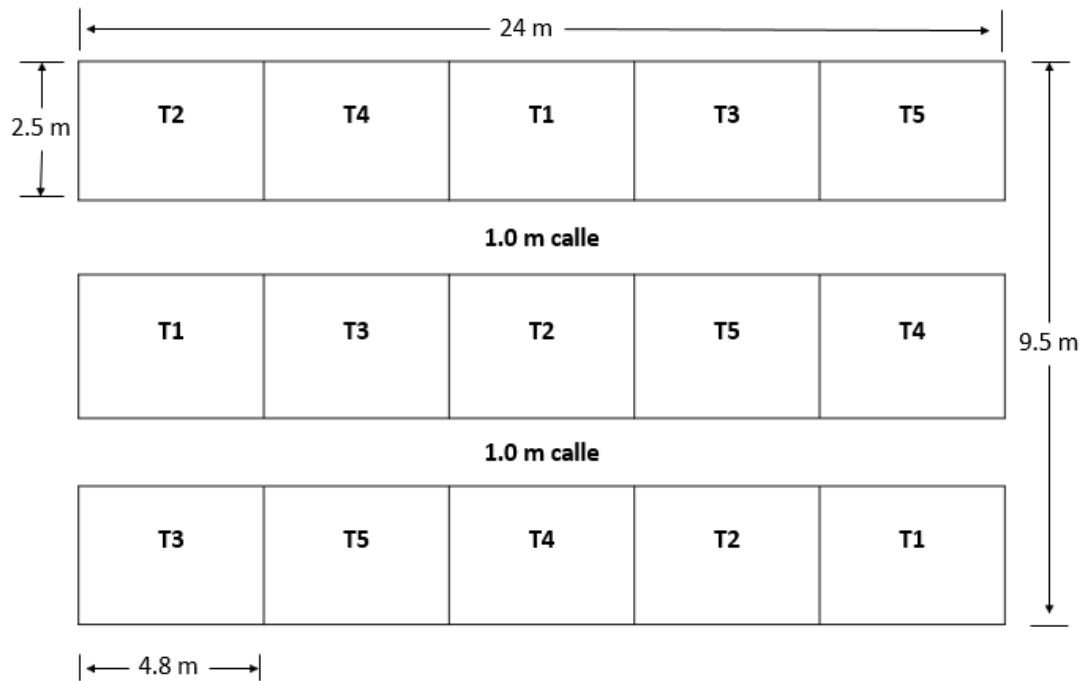
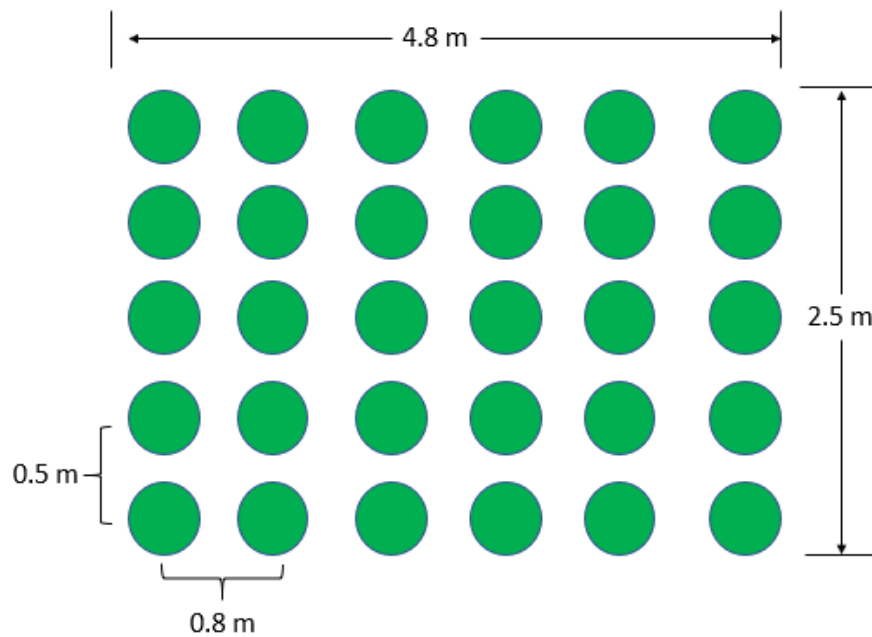


Figura 2 *Detalles de parcela experimental*



3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población fue de 450 plantas de coliflor que fueron sembrados en un área de 228 m² donde cada parcela experimental contó con 30 plantas.

3.5.2. Muestra

El muestreo en cada parcela experimental fue al azar de 5 plantas de coliflor, considerando de los surcos centrales, dejando 01 golpes en la parte superior e inferior de cada parcela experimental.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Observación experimental
- Análisis documental.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Se usaron balanza de precisión, regla métrica, fichas de evaluación, datos meteorológicos del SENAMHI y se utilizó el coeficiente de viabilidad (C.V) para la confiabilidad, expresado en %. Según Calzada (1987), son aceptables valores menores a 30% para este tipo de trabajo.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos fueron analizados mediante la prueba de Análisis de varianza (ANVA), prueba de significación Tukey, mediante el uso de paquetes estadísticos para una mejor precisión Infostat versión 2017.

3.9. Tratamiento estadístico

Tabla 3 *Tratamientos en estudio*

Trat.	Dosis de micorrizas	Dosis
T1	Organic Granular OG	1 g/litro
T2	Organic Granular OG	2 g/litro
T3	Organic Granular OG	3 g/litro
T4	Organic Granular OG	4 g/litro
T5	Testigo	Sin micorriza

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

3.10.1. Autoría

La autora JORGE TAIPE Teresa Andrea es la que planteó y ejecutó la presente tesis.

3.10.2. Originalidad

Todos los autores considerados en la presente investigación fueron citados respetando su autoría en la sección referencias bibliográficas y con el formato APA séptima edición.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación del campo experimental

Los diferentes trabajos realizados durante su ejecución se llevaron a cabo en el distrito de Paucartambo.

4.1.2. Ubicación geográfica

Región	: Pasco
Provincia	: Pasco
Distrito	: Paucartambo
Latitud Sur	: 10° 46' 28"
Longitud Oeste	: 75° 49' 17"

4.1.3. Ubicación Geográfica

Región Geográfica	: Qechua
Sub-cuenca	: Río Paucartambo
Altitud	: 3,200 m.s.n.m.
Temperatura	: 5 – 15°C.

4.1.4. Análisis de suelos

Para realizar el uso exacto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos, se efectuó el análisis físicos y químicos del suelo, para tomar la muestra representativa del suelo se tomaron sub muestras luego se homogenizó y se tomó un kilogramo de suelo para su análisis respectivo.

Tabla 4 Resultados de análisis de suelo

Análisis mecánico	Resultado	Resultados
- Arena	38.1 %	Franco Arenoso
- Limo	35.8 %	
- Arcilla	26.1 %	
Análisis químico		
- Materia orgánica	2.13 %	bajo
- Nitrógeno	0.10 %	bajo
- Reacción del suelo (pH)	7.12	neutro
Elementos disponibles		
- Fósforo	5.2 ppm	bajo
- Potasio	122 ppm	medio

Fuente: INIA Huancayo

4.1.5. Resultados del análisis de suelos

Realizado el análisis de suelo se detalla que el suelo posee una textura franco arenosa, los elementos mayores como nitrógeno es bajo, el fosforo y potasio es medio y la aplicación de los fertilizantes orgánicos se realizaron de acuerdo a las recomendaciones por el INIA de 2 a 4 toneladas por hectárea, para lo cual se hizo los cálculos respectivos, igualmente para cumplir con la dosis de recomendación máxima de 150-160-110 kg/ha de NPK para el cultivo de coliflor se usó el fertilizante sintético 20-20-20 de NPK, de la misma manera se realizaron los cálculos para 200 m².

4.1.6. Datos meteorológicos

La tabla 5 presenta los datos climatológicos del periodo en el que se ejecutó el experimento, observado la tabla de datos climatológicos en donde se establece la temperatura máxima y mínima; la humedad relativa y la totalidad de precipitación que se registró durante los meses que duró el trabajo, se puede deducir que los datos son favorables para el desarrollo normal de la siembra del cultivo de coliflor se considera la estación meteorológica de Oxapampa debido a que en Paucartambo no se cuenta, con una estación de SENAMHI .

Tabla 5 *Datos meteorológicos en Oxapampa periodo 2024*

Mes	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
Agosto	18.5	10.4	85	182
Setiembre	19.2	11.1	85	233
Octubre	19.5	12.1	88	304
Noviembre	19.3	12.9	91	358
Diciembre	18.8	13.1	92	404

Fuente: SENAMHI Oxapampa (2024).

4.1.7. Conducción del experimento

a. Preparación de suelo

Cuando el terreno se encontraba con una humedad adecuada se realizó la preparación del terreno, roturación, desterronado, nivelación y trazado de los surcos.

b. Traslado a campo definitivo

Se realizó el traslado de las plántulas hacia el campo definitivo en horas de la tarde, cuando las plántulas tenían una altura de 10 a 15 centímetro, esta práctica se realizó transcurrido 60 días de la siembra en cama de

almácigo, las plantitas tuvieron cuatro hojas y una altura de 10 – 15 centímetros, se cavaron pequeños hoyos para el trasplante, finalmente se presionó el suelo para facilitar el contacto con la raíz.

c. Resiembra

Transcurrido el tiempo necesario del trasplante, se realizó la resiembra para que haya uniformidad en el crecimiento de las plantas.

d. Abonamiento

Se utilizó abonos orgánicos como estiércol de oveja bien descompuesto, se aplicó 50 gramos por planta, según las recomendaciones del INIA.

e. Empleo de micorrizas

El empleo de la micorriza (Granular Micorrizae) estuvo dirigido a la raíz de las plantas, se aplicaron en tres oportunidades (inmediatamente después del trasplante, las dos aplicaciones siguientes fueron cada 15 días) se aplicó según las dosis planteadas.

f. Labores culturales

- Deshierbo y aporque

La práctica cultural de deshierbo y aporque tuvo como finalidad dar soporte a la planta, facilitando la distribución del oxígeno en el suelo y el aprovechamiento de los nutrientes, se realizó a los 30 días del trasplante y luego a los 60 días.

- Humedad

La coliflor es un cultivo que requiere buena presencia de humedad a lo largo de todo su ciclo vegetativo, se realizaron riegos oportunos y de acuerdo a las necesidades de las plantas.

g. Control fitosanitario

Durante el ciclo del cultivo hubo poca presencia de plagas como los pulgones y babosas, para su control no se utilizaron productos químicos; para el control de las babosas se utilizó el control cultural que consistió en el recojo de las mismas a altas horas de la noche con ayuda de una linterna.

h. Observación de enfermedades

No se realizó control alguno porque la incidencia fue baja menor a 5% se presentó mildiu, porque se llevaron a cabo con precisión las prácticas culturales.

i. Cosecha

La cosecha se efectuó cuando las cabezas estuvieron bien formadas y compactas, así como también con un tamaño comercial, se procedió recolectando de acuerdo a las variables en estudio.

4.1.8. Registro de datos

Se evaluaron las siguientes variables:

a. % de prendimiento

Se determinó el porcentaje de prendimiento después de 7 días del trasplante.

b. Número de hojas

Se contaron el número de hojas por planta para observar el efecto de las micorrizas en la formación de hojas.

c. Diámetro de cabeza o pellas

Se midió el diámetro de la cabeza de cada tratamiento para lo cual se usó una regla, ya que esta variable influye en el valor comercial.

d. Días al inicio de formación de pellas

Se contabilizó los días hasta el inicio de la formación de pellas.

e. Días a la cosecha

Se contó el número de días a la cosecha para lo cual se observó que las cabezas estuvieran bien maduras y compactas.

f. Peso de cabeza o pella

Se pesó las cabezas o pellas después de haber sido cosechadas, para lo cual se usó una balanza digital, sin embargo, la venta en los mercados de la sierra del Perú se realiza por el tamaño de la hortaliza y pocas veces se vende en peso, lo cual ocurre de manera diferente en los supermercados donde la venta se realiza por kilogramos de hortaliza.

g. Rendimiento por hectárea

Después de la cosecha, se realizó el ploteo para una hectárea, para lo cual se tomó el peso por metro cuadrado y se multiplicó por diez mil para obtener el rendimiento por hectárea.

h. Senescencia o días de duración del fruto después de la cosecha

Se contabilizó cuantos días duran las cabezas o pellas después de la cosecha hasta que perdieran su valor comercial. Es importante realizar esta evaluación de postcosecha ya que en nuestro país la cadena de refrigeración está aún en desarrollo y en muchos mercados de la sierra no se realiza tratamientos postcosecha.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

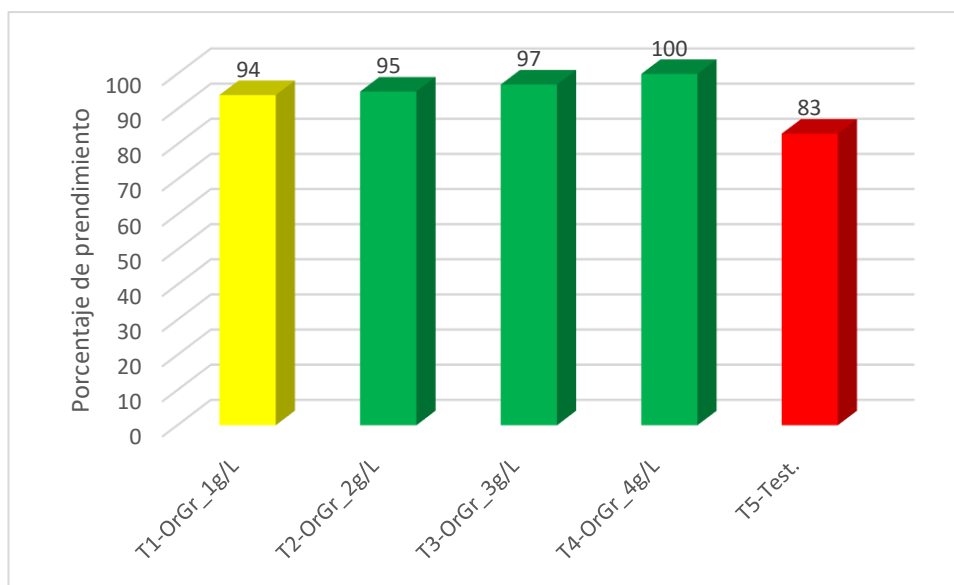
Para efectuar los cálculos estadísticos de las variables independientes, se utilizó el análisis de varianza. La diferencia estadística entre tratamientos se realizó mediante

la prueba de Fisher. La comparación de los datos entre los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey.

4.2.1. Porcentaje de prendimiento (%)

A continuación, se muestran los análisis de varianza.

Figura 3 Porcentaje de prendimiento (%)



Analizando los datos de la presente figura, se observa el efecto de la aplicación de micorrizas antes del transplante a dosis alta de 4 gramos por litro se logra un 100% de prendimiento, así mismo los tratamientos con dosis media y baja también logra un prendimiento mayor a 94 % y el tratamiento testigo sin micorrizas logra solo un 83 % de prendimiento, es decir una disminución de 17 %.

4.2.2. Número de hojas (n°)

Tabla 6 Análisis de variancia para número de hojas (n°)

F. V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	Ft 0.05	
Bloques	2	1.03	0.51	0.39	4.45	NS
Tratamiento	4	29.74	7.43	5.70	3.83	*
Error	8	10.43	1.30			
Total	14	41.20				

C.V. 5.46 %

Observando la tabla 6 se puede apreciar que no existe significancia entre bloques, pero si existe alta diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, esto nos demuestra que existe un efecto de ecto y endomicorrizas en cuanto al número de hojas por planta.

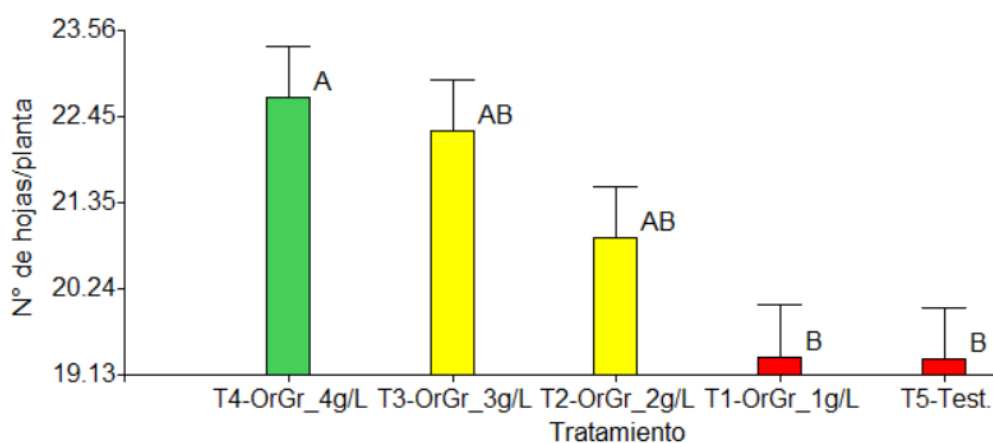
Tabla 7 Prueba de Tukey para número de hojas (n°)

Mérito	Tratamientos	Media (n°)	Nivel de significación 0.05	
1	T4_OrGr_4g/L	22.70	A	
2	T3_OrGr_3g/L	22.27	A	B
3	T2_OrGr_2g/L	20.90	A	B
4	T1_OrGr_1g/L	19.37		B
5	T5_Testigo	19.33		B

La tabla 7 indica que entre los tratamientos T4, T3 y T2 no existe diferencia estadística con promedios similares de 22.70, 22.27 y 20.90 de número de hojas, respectivamente (A), así mismo entre los tratamientos T3, T2, T1 y T5 no existe diferencia estadística (B), con valores de 22.27, 20.90, 19.37 y 19.33 número de hojas respectivamente.

El número de hojas es importante ya que cuanto mayor sea las hojas habrá mayor actividad fotosintética y por ende habrá mayor peso de la cabeza y por consecuencia mayor rendimiento por hectárea.

Figura 4 Número de hojas (n°)



La figura 4 muestra que las micorrizas a dosis altas de 4 gr por Litro de agua, incrementa el número de hojas, así mismo a unas dosis medias de 3 y 2 gramos existe un aumento regular de hojas, con respecto al tratamiento testigo. La ecto y endomicorriza promueve la producción de fenoles que mejoran la resistencia en las hojas para prevenir ataques de plagas y enfermedades, una hoja sana tendrá mayor contenido de clorofila lo cual favorece a la sanidad y con ello una mejor producción del cultivo.

4.2.3. Diámetro de cabeza (cm)

Tabla 8 *Análisis de varianza para diámetro de cabeza (cm)*

F.V.	G. L.	S.C.	CM	Fc	Ft 0.05	
Bloques	2	3.67	1.83	1.30	4.45	NS
Tratamiento	4	139.98	34.99	24.80	3.83	*
Error	8	11.29	1.41			
Total	14	154.94				

C.V. 4.81 %

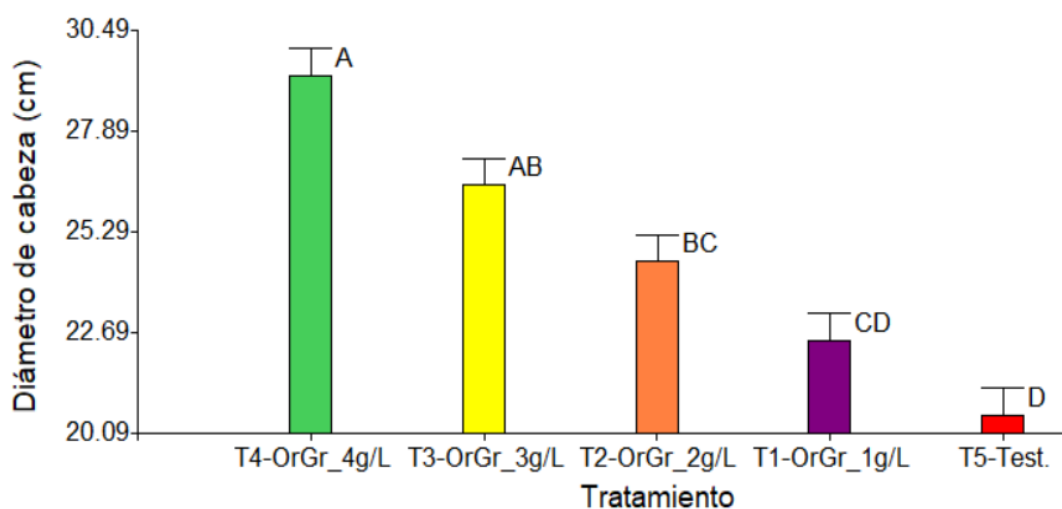
La tabla 8 muestra que entre bloques no existe significancia, pero si hay una diferencia estadística alta entre tratamientos, lo cual demuestra que la ecto y endomicorriza si tuvo un efecto significativo en el diámetro de cabeza o pellas. El coeficiente de variabilidad fue 4.81 % y según la escala de calificación es considerado como homogéneo (Calzada, 1970).

Tabla 9 *Prueba de Tukey para diámetro de cabeza (cm)*

Mérito	Tratamientos	Media (cm)	Nivel de significación 0.05		
1	T4_OrGr_4g/L	29.33	A		
2	T3_OrGr_3g/L	26.50	A	B	
3	T2_OrGr_2g/L	24.53		B	C
4	T1_OrGr_1g/L	22.50			C D
5	T5_Testigo	20.57			D

La tabla 9 muestra que entre todos los tratamientos en estudio existe diferencia estadística, el mejor promedio lo tuvo el T4 con una alta dosis de micorrizas con 29.33 cm de diámetro de cabeza. Por otra parte, el tratamiento sin micorriza alcanzó el menor diámetro de cabeza con 20.57 cm es decir 9 centímetros menos que el mejor tratamiento.

Figura 5 *Diámetro de cabeza (cm)*



La figura 5 muestra que la dosis alta de 4 gramos de micorrizas influye de manera efectiva para la formación de un mayor diámetro de la cabeza o pella, del mismo modo para los demás tratamiento y con dosis medias de 3 y 2 gramos por litro de agua, presentan buenos resultados, lo contrario al tratamiento testigo sin micorriza alcanzando el menor diámetro de cabeza, la ecto y endomicorriza interviene aumentando la capacidad que tiene la planta, para absorber nutrientes siendo este proceso que favorece para el aumento de un mayor diámetro de cabeza.

4.2.4. Número de días a la cosecha (n°)

Tabla 10 *Análisis de varianza para número de días a la cosecha (n°)*

F.V.	G.L.	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	
Bloques	2	26.80	13.40	4.37	4.45	NS
Tratamiento	4	451.07	112.77	36.77	3.83	*
Error	8	24.53	3.07			
Total	14	502.40				

C.V. 1.86 %

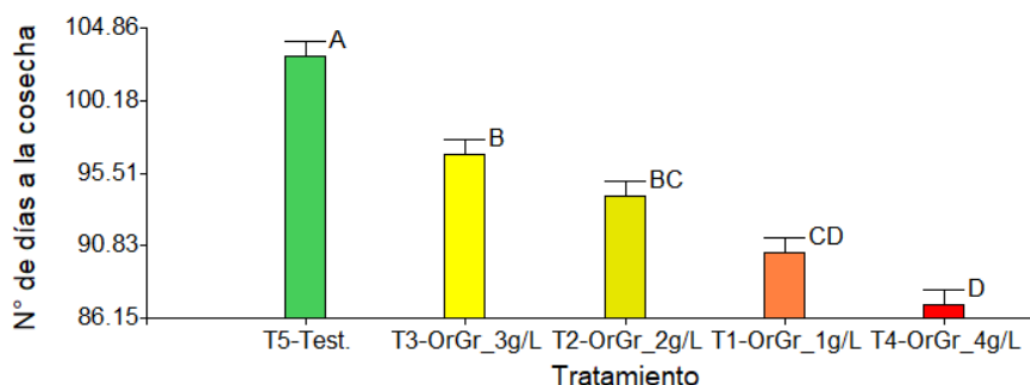
La presente tabla del análisis de varianza para número de días a la cosecha, muestra que entre los bloques no existe diferencia estadística, pero si entre los tratamientos a un nivel de significancia de 0.05, así mismo se observa que el coeficiente de variabilidad es 1.86 %, lo cual según Calzada (1970) está considerado como homogéneo para este tipo de estudio.

Tabla 11 *Prueba de Tukey para de número de días a la cosecha (n°)*

Mérito	Tratamientos	Media (días)	Nivel de significación 0.05
1	T5_Testigo	103.00	A
2	T3_OrGr_3g/L	96.67	B
3	T2_OrGr_2g/L	94.00	B C
4	T1_OrGr_1g/L	90.33	C D
5	T4_OrGr_4g/L	87.00	D

La prueba de Tukey para días a la cosecha muestra que el tratamiento T5 sin micorriza tardó mayor tiempo en madurar, con 103 días (A), también se aprecia que los mejores tratamientos fueron el T4 y T1 con 87 y 90 días respectivamente, es decir maduraron 13 a 16 días antes respecto al tratamiento control o testigo.

Figura 6 Número de días a la cosecha (n°)



La figura 6 muestra el efecto de la aplicación de micorrizas para los días a la maduración y se observa que existe una reducción o precocidad para la cosecha, las dosis altas del tratamiento T4 y T1 con 4 y 3 gramos por litro de agua lograron los mejores resultados, con relación al tratamiento testigo sin micorrizas. Esto nos demuestra que las ecto y endomicorrizas influye para obtener cosechas en menor tiempo siendo de gran importancia para la producción del cultivo, ya que maximiza de manera significativa la productividad.

4.2.5. Peso de cabeza (kg)

Tabla 12 Análisis de variancia para peso de cabeza o pellas (kg)

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	FT	
					0.05	
Bloques	2	0.12	0.06	3.38	4.45	NS
Tratamientos	4	1.04	0.26	14.98	3.83	*
Error	8	0.14	0.02			
Total	14	1.30				

C.V. = 5.66 %

La presente tabla del análisis de variancia muestra que no existe diferencia significativa entre bloques, pero si existe entre los tratamientos en estudio, el coeficiente de variabilidad es 5.66 %, según Calzada (1970) está considerado como homogéneo lo cual es adecuado para este tipo de trabajos realizado en campo, una vez

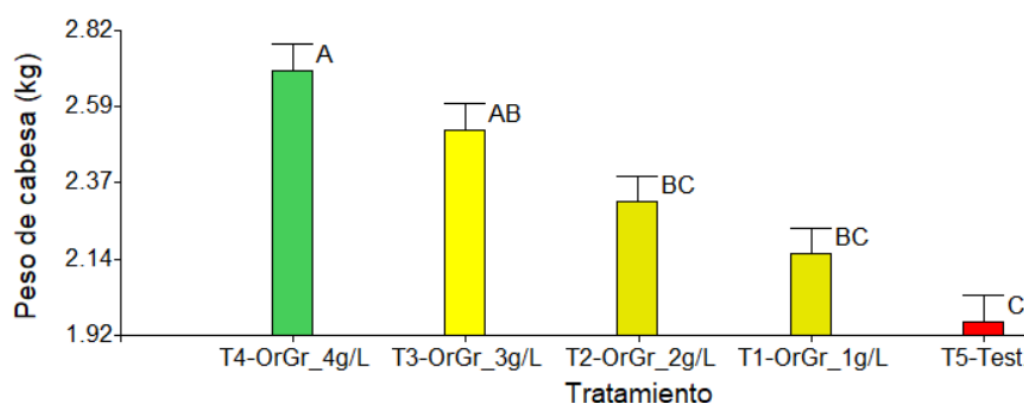
más confirma el efecto significativo de micorrizas en el peso de la cabeza del cultivo de coliflor.

Tabla 13 Prueba de Tukey para peso de cabeza (kg)

Mérito	Tratamientos	Media (kg)	Nivel de significación 0.05
1	T4_OrGr_4g/L	2.70	A
2	T3_OrGr_3g/L	2.53	A B
3	T2_OrGr_2g/L	2.31	B C
4	T1_OrGr_1g/L	2.16	B C
5	T5_Testigo	1.96	C

La tabla 13 para peso de cabeza muestra que entre los tratamientos T4 y T3 no existe diferencia estadística con pesos de 2.70 y 2.53 kg de pella respectivamente (A), siendo estos los que presentan mayor peso. Así mismo se observa que entre los tratamientos T3, T2 y T1 no existe diferencia (B), así mismo los tratamientos T2, T1 y T5 no presentan diferencia entre ellos y teniendo los pesos más bajos, con 2.31, 2.16 y 1.96 kg respectivamente (C). El peso de cabeza de coliflor es importante para la comercialización en mercados grandes o en supermercados.

Figura 7 Peso de cabeza (kg)



La figura 7 muestra el efecto significativo y positivo de la ecto y endomicorriza concerniente al peso de la cabeza de la coliflor, a altas dosis de 4 gramos por litro de agua, se obtendrá mayor peso de cabeza tal como se muestra con el T4 con relación al

tratamiento testigo sin micorrizas, el que logro un peso inferior en 1.92 kg menos respecto al mejor tratamiento.

4.2.6. Rendimiento por hectárea (t/ha)

Tabla 14 *Análisis de variancia para rendimiento por hectárea (t/ha)*

F.V.	G.L.	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	
Bloques	2	1.76	0.88	0.89	4.45	NS
Tratamiento	4	73.15	12.29	18.45	3.83	*
Error	8	7.93	0.99			
Total	14	82.84				

C.V. = 2.32 %

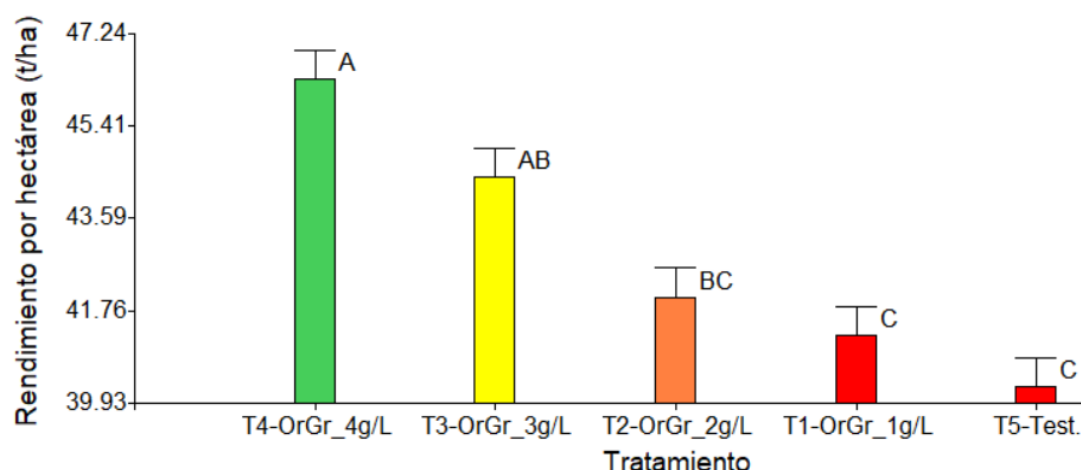
La tabla 14 del análisis de variancia para rendimiento por hectárea muestra que no existe significancia estadística para la fuente de variación bloques, pero si existe diferencia para la fuente de variación tratamientos, por ello se demuestra que aplicación de micorrizas tienen un efecto significativo en el rendimiento del cultivo, el coeficiente de variabilidad es 2.32%.

Tabla 15 *Prueba de Tukey para rendimiento por hectárea (t/ha)*

Mérito	Tratamientos	Media (t/ha)	Nivel de significación 0.05		
1	T4_OrGr_4g/L	46.33	A		
2	T3_OrGr_3g/L	44.40	A	B	
3	T2_OrGr_2g/L	42.03		B	C
4	T1_OrGr_1g/L	41.27			C
5	T5_Testigo	40.27			C

La prueba de Tukey muestra que el tratamiento T4 y T3 no tienen diferencia estadística (A) y tuvieron los mejores rendimientos con 46.33 y 44.40 t/ha. Así mismo, lo tratamientos T3 y T2 no hay diferencia entre ellos (B) significativamente, los menores rendimientos lo obtuvieron el T2, T1 y T5 testigo con promedios de 42.03, 41.27 y 40.27 t/ha. Y diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos (C) respectivamente.

Figura 8 Rendimiento por hectárea (t/ha)



La Figura 8 muestra el impacto positivo y significativo de la aplicación de micorrizas en el cultivo de coliflor. Se observa que el tratamiento con una dosis alta de 4 gr de ecto y endomicorriza resulta con un mayor rendimiento en comparación con el tratamiento testigo sin micorriza. Demostrando que, la inoculación micorrízica mejora notablemente la sanidad del cultivo, favoreciendo su desarrollo y productividad.

4.2.7. Días a la duración postcosecha (n°)

A continuación, se muestran los análisis de varianza.

Tabla 16 *Análisis de variancia para días a la duración postcosecha (n°)*

F.V.	G.L.	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	
Bloques	2	0.0001	0.00005	0.0004	4.45	NS
Tratamiento	4	60.00	15.00	12.00	3.83	*
Error	8	10.00	1.25			
Total	14	70.00				

C.V. = 9.32 %

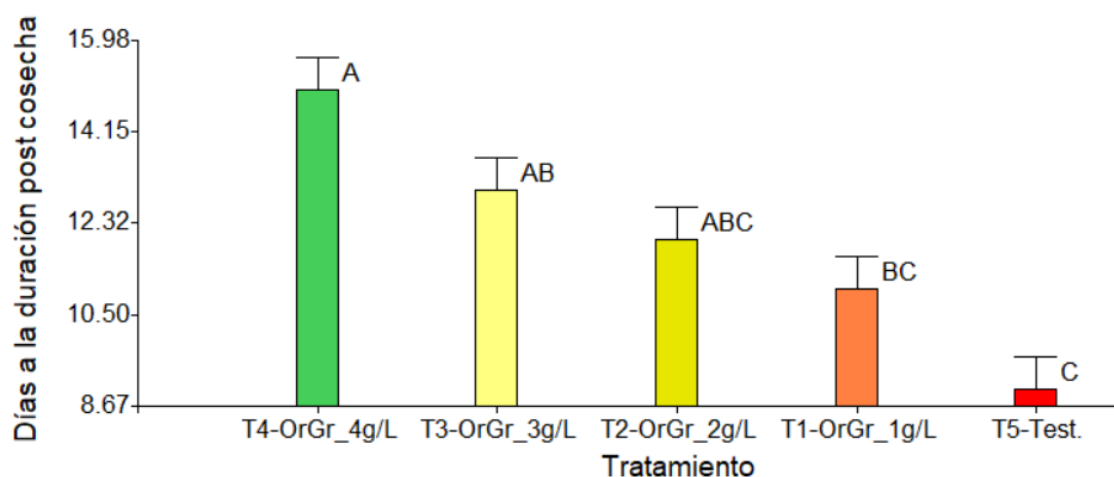
La tabla 16 muestra que para la fuente de variación bloques no existe diferencia estadística, pero si existe diferencia para la fuente de variación tratamientos, lo que confirma que la micorriza influye en la duración en postcosecha del cultivo de coliflor, el coeficiente de variabilidad es 9.32 % lo cual está considerado como homogéneo según Calzada (1970).

Tabla 17 Prueba de Tukey para días a la duración postcosecha (n°)

Mérito	Tratamientos	Media (días)	Nivel de significación 0.05
1	T4_OrGr_4g/L	15	A
2	T3_OrGr_3g/L	13	A B
3	T2_OrGr_2g/L	12	A B C
4	T1_OrGr_1g/L	11	B C
5	T5_Testigo	9	C

La prueba de Tukey para días a la duración postcosecha muestra que con la aplicación de micorrizas a los 4gramos el tratamiento T4, es quien tuvo mayor duración con 15 días, sin embargo, no existe diferencia estadística con los tratamientos T3 y T2, con 13 y 12 días de duración respectivamente (A). Así mismo se observa que entre los tratamientos T3, T2 y T1no existe diferencia con promedios de 13,12 y 11 (B), del mismo modo para T2, T1 y T5 no presentan diferencia entre ellos con 12,11 y 9 días respectivamente (C).

Figura 9 Duración postcosecha de las cabezas (días)



La figura 9 muestra el efecto positivo de la micorriza a los 4 gramos por litro, concerniente a la duración de las cabezas o pellas después de haber cosechadas (senescencia) donde se observa que con la aplicación de dosis alta se logra 15 días de duración, y así presentando un mayor tiempo de comercialización.

4.3. Prueba de hipótesis

Se acepta la hipótesis general planteada ya que el efecto de las endo y ectomicorrizas fue positivo en el rendimiento y poscosecha en coliflor (*Brassica oleracea* Var Botrytis) en condiciones de Paucartambo - Pasco.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Porcentaje de prendimiento (%)

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que la aplicación de micorrizas antes del trasplante a una dosis alta de 4 g/L logra un 100% de prendimiento, mientras que dosis medias y bajas mantienen valores superiores al 94%, en contraste con el testigo sin micorrizas, que solo alcanza un 83%, reflejando una disminución del 17%. Estudios previos han demostrado efectos similares en diferentes cultivos. Por ejemplo, en investigaciones realizadas en Perú, la inoculación con micorrizas en *Lolium multiflorum* y *Pisum sativum* incrementó significativamente la altura y el peso seco de las plantas en comparación con tratamientos sin inoculación (Esquivel-Quispe et al., 2021).

4.4.2. Número de hojas (n°)

Los resultados obtenidos muestran que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos T4, T3 y T2 en el número de hojas, lo que sugiere que dosis similares de fertilización o manejo generan efectos equivalentes en el desarrollo foliar. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Pérez et al. (2021), quienes encontraron que el número de hojas en *Brassica oleracea* var. *botrytis* no varía significativamente cuando los niveles de fertilización nitrogenada superan cierto umbral, pero influye directamente en la actividad fotosintética y el peso final de la cabeza de la coliflor.

4.4.3. Diámetro de cabeza (cm)

Los resultados obtenidos en la presente investigación indican que la aplicación de micorrizas influyó significativamente en el diámetro de la cabeza, siendo el tratamiento T4 el más eficiente con 29.33 cm, en contraste con el tratamiento sin micorrizas, que alcanzó solo 20.57 cm. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Rodríguez et al. (2020), quienes observaron que la inoculación con micorrizas arbusculares en cultivos hortícolas mejora la absorción de nutrientes y el desarrollo estructural de la planta, lo que se traduce en un mayor tamaño de la cabeza. Asimismo, estudios previos como el de Pérez y Gómez (2019) señalan que la asociación con hongos micorrícicos favorece la disponibilidad de fósforo y otros elementos esenciales, promoviendo un mayor crecimiento vegetativo.

4.4.4. Número de días a la cosecha (n°)

Los resultados de la prueba de Tukey evidencian que el tratamiento sin micorrizas (T5) retrasó la maduración del cultivo, alcanzando la cosecha en 103 días, mientras que los tratamientos con micorrizas (T4 y T1) lograron una maduración más temprana, entre 87 y 90 días. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por García et al. (2021), quienes encontraron que la inoculación con micorrizas en cultivos de hortalizas aceleró el desarrollo fenológico debido a una mayor absorción de nutrientes esenciales, especialmente fósforo.

4.4.5. Peso de cabeza (kg)

Los resultados obtenidos en este estudio indican que los tratamientos T4 y T3 alcanzaron los mayores pesos de cabeza de coliflor, con 2.70 y 2.53 kg respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas entre ellos. De manera similar, los tratamientos T3, T2 y T1 presentaron pesos intermedios sin diferencias entre sí, mientras que los tratamientos T2, T1 y T5 mostraron los valores más bajos, con 2.31,

2.16 y 1.96 kg. Estos hallazgos concuerdan con los reportados por López y Ramírez (2019), quienes señalaron que factores como la densidad de trasplante y la disponibilidad de nutrientes influyen en el peso final de la cabeza de coliflor, siendo los tratamientos con mejor disponibilidad nutricional los que alcanzan mayores pesos. Asimismo, estudios previos de García et al. (2020) evidenciaron que una adecuada fertilización y condiciones óptimas de cultivo favorecen el desarrollo del peso de la pella, factor clave para la comercialización en mercados exigentes.

4.4.6. Rendimiento por hectárea (t/ha)

En la investigación los resultados obtenidos mediante la prueba de Tukey indican que los tratamientos T4 y T3 lograron los mayores rendimientos con 46.33 y 44.40 t/ha, sin diferencias estadísticas entre ellos. Esto coincide con lo reportado por Rodríguez et al. (2021), quienes encontraron que una adecuada fertilización y manejo del riego pueden incrementar significativamente el rendimiento de los cultivos. Por otro lado, los tratamientos T2, T1 y T5 mostraron los menores rendimientos, diferenciándose estadísticamente de los demás, lo que se alinea con los hallazgos de Sánchez et al. (2019), quienes indicaron que la falta de insumos adecuados y prácticas agronómicas deficientes limitan el desarrollo del cultivo.

4.4.7. Días a la duración postcosecha (n°)

La prueba de Tukey aplicada a la duración postcosecha con micorrizas muestra que el tratamiento T4 tuvo la mayor duración con 15 días, sin diferencias estadísticas con T3 y T2, que registraron 13 y 12 días respectivamente. Resultados similares han sido reportados en estudios previos, donde el uso de micorrizas mejora la tolerancia postcosecha al favorecer la absorción de nutrientes y mejorar la resistencia al estrés hídrico (Smith & Read, 2008). Asimismo, la ausencia de diferencias significativas entre T3, T2 y T1 coincide con lo señalado por Martínez et al. (2017), quienes destacaron

que la efectividad de las micorrizas varía según la concentración y la interacción con otros factores edáficos. Además, la similitud entre T2, T1 y T5 refuerza lo expuesto por Alguacil et al. (2015), quienes indicaron que dosis bajas de micorrizas pueden no generar diferencias significativas respecto a tratamientos sin aplicación.

CONCLUSIONES

1. La aplicación de micorrizas antes del trasplante a dosis altas mejora significativamente el prendimiento y desarrollo del cultivo, alcanzando un 100% de prendimiento y un mayor diámetro de cabeza en comparación con el testigo sin micorrizas. La ausencia de diferencias estadísticas en el número de hojas entre T4, T3 y T2 sugiere que dosis similares generan efectos equivalentes en el crecimiento foliar. Estos resultados confirman que las micorrizas favorecen el establecimiento y desarrollo del cultivo, optimizando su rendimiento y calidad.
2. El uso de micorrizas aceleró la maduración del cultivo, permitiendo cosechar entre 87 y 90 días, mientras que la ausencia de estas (T5) prolongó el ciclo hasta 103 días. Estos resultados demuestran que la simbiosis micorrízica optimiza el desarrollo del cultivo, reduciendo el tiempo hasta la cosecha y favoreciendo una producción más eficiente.
3. La aplicación de micorrizas en dosis altas favoreció el peso y rendimiento de la coliflor, alcanzando valores máximos en los tratamientos T4 y T3. En contraste, los tratamientos con menor dosis o sin micorrizas presentaron reducciones en peso y rendimiento. Estos hallazgos destacan la importancia del uso adecuado de micorrizas para optimizar la producción de coliflor.
4. El tratamiento T4 presentó la mayor duración postcosecha con 15 días, aunque sin diferencias significativas con T3 y T2, que alcanzaron 13 y 12 días respectivamente. Esto sugiere que los tres tratamientos tienen un efecto similar en la conservación del producto.

RECOMENDACIONES

1. Por los resultados obtenidos se recomienda aplicar ecto y endomicorrizas en dosis de 4 g/L H₂O en el cultivo de coliflor, antes del trasplante para mejorar el prendimiento y el desarrollo del cultivo, asegurando un mayor rendimiento y calidad.
2. Se recomienda utilizar micorrizas para acelerar la maduración del cultivo y reducir el tiempo hasta la cosecha, optimizando la producción.
3. Implementar dosis altas de micorrizas para aumentar el peso y rendimiento del cultivo, evitando reducciones en la producción.
4. Aplicar micorrizas en tratamientos similares a T4, T3 y T2 para mejorar la duración postcosecha sin afectar la conservación del producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrominerales Basaltika. (2024). Beneficios de las micorrizas. Recuperado de <https://agromineralesbasaltika.com/beneficios-de-las-micorrizas/>
- Alguacil, M. M., Torrecillas, E., Lozano, Z., & Roldán, A. (2015). Efecto de la inoculación con hongos micorrícicos en la producción agrícola. *Applied Soil Ecology*, 96, 1-10.
- Álvarez Choque, E. G., & García Apaza, E. (2018). Distribución poblacional de micorrizas en los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) afectados por el cambio climático en el municipio de Patacamaya. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 5(1), 71-78.
- Aubert, C. (2021). Asociar cultivos en el huerto ecológico: ejemplos de asociaciones y diseños de cultivos (Vol. 23). La Fertilidad de la Tierra Ediciones SL.
- Benites Sosa, M., & Merino Vasquez, C. (2022). Evaluación agronómica del cultivo de coliflor (*brassica oleracea* var. *botrytis*) variedad sheddar conducidas con tecnología orgánica en condiciones de invernadero en Acobamba–Huancavelica.
- Bercerra de la Flor, J. (1956) Curso de Olericultura, Edit. La Molina. Lima - Perú.
- Cartea, M. E., & Ordás, A. (2002). El cultivo de la coliflor en España y perspectivas de futuro.
- Delgado de la Flor, F. (1982) Datos básicos en cultivos hortícolas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
- Díaz Reina, D. D. (2022). Evaluación de abonos orgánicos y micorrizas sobre el rendimiento de cultivo de apio (*Apium graveolens*) en el municipio de Ipiales. UPEC.
- Duran Jorge, L. G. (2022). Efecto del compost en el rendimiento de coliflor (*Brassica oleracea*) en condiciones agroecológicas del Caserio de Huarijirca–Panao–2020.
- Escobar Layme, D., & Escobar Layme, W. (2023). Producción de cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* var. Tipton H1) con insumos ecológicos en condiciones de Acobamba–Huancavelica.

- Esquivel-Quispe, N., Rodríguez-Pérez, R., & López-López, A. (2021). Experiencias sobre la propagación y efectividad de los hongos micorrizógenos. *Revista Selva Andina Biosphera*, 9(2), 101-102.
- Gamero, D. M. (1956) Estado de la densidad de siembra en el cultivo de la coliflor. Lima - Perú.
- García, P., Martínez, L., & Torres, J. (2021). Impacto de las micorrizas en el crecimiento y rendimiento de cultivos hortícolas. *Revista de Agricultura Sostenible*, 28(3), 45-60.
- Grosso, J. (2020). Interacción de micorrización y biofumigación como herramientas de prevención y control de *Nacobbus aberrans* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Hifas Foresta. (2024). Descubre los innumerables beneficios de las micorrizas para el crecimiento de tus plantas. Recuperado de <https://hifasforesta.com/descubre-los-innumerables-beneficios-de-las-micorrizas-para-el-crecimiento-de-tus-plantas/>
- Intagri (2024) Beneficios de las micorrizas. <https://www.intagri.com/articulos/suelos/beneficios-de-las-micorrizas-sobre-el-estres-en-plantas>
- Intagri. (2024). Beneficios de las micorrizas sobre el estrés en plantas. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/beneficios-de-las-micorrizas-sobre-el-estres-en-plantas>
- Knott, J. (1956) Vegetable Growers, California - EE.UU.
- López, C., & Ramírez, D. (2019). Factores agronómicos que influyen en el rendimiento y calidad de la coliflor. *Agrociencia y Tecnología*, 18(1), 75-90.
- Lowenfels, J. (2022). Cultivar con hongos: La guía de las micorrizas del jardinero orgánico. melusina. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LgV2EAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA9>

&dq=ectomicorrizas+y+endomicorrizas+en+coliflor&ots=zcIGUoY_Ix&sig=T4s1I
g94c5b4hQK7ayDgY9vf2rE#v=onepage&q=ectomicorrizas%20y%20endomicorriz
as%20en%20coliflor&f=false

Lozada P. (1997) Comparativo de siete cultivares de coliflor (*Brassicca oleracea* var. *Botrytis*).
Tesis UNSA Arequipa- Perú.

Marín Zacarías, J. P. (2000). Las algaenzimas y micorrizas en la producción de coliflor
(*Brássica olerácea* var. *Botrytis* L.).

Martínez, J., Pérez, L., & Ramírez, C. (2017). Impacto de la micorrización en la poscosecha de
cultivos hortícolas. *Journal of Agricultural Science*, 25(3), 215-230.

Pérez, L., et al. (2021). Influencia del nitrógeno en la producción de coliflor bajo distintas
condiciones edafoclimáticas. *Agronomía y Desarrollo*, 12(1), 78-92.

Pérez, R., & Gómez, S. (2019). Influencia de la simbiosis micorrícica en la absorción de
nutrientes y el rendimiento de hortalizas. *Agronomía y Sostenibilidad*, 15(1), 102-115.

Plant Success Organics. (2024). Plant Success Organics Granular Micorrizae. Recuperado de
<https://plantsuccessorganics.com/>

Reva, M. (2022). Estudio de la eficacia agrícola de un gel inoculante micorrícico ultrapuro de
última generación.

Rodríguez, L., Pérez, M., & Torres, J. (2020). Efecto de las micorrizas arbusculares en el
crecimiento y desarrollo de cultivos hortícolas. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 37(2),
55-70.

Rojas Tillería, F. H. (2017). Comportamiento de un cultivar de coliflor var. Incline (*Brassica*
oleracea var *botrytis*) a la aplicación de cuatro productos agroecológicos (Doctoral
dissertation).

San Martin Zevallos (1985) Douglas. Manual de Horticultura para el Perú, Tomo I y II.
Editorial MANFER. Barcelona - España.

- Sánchez, F., López, C., & Ramírez, M. (2019). Factores que limitan el rendimiento en cultivos extensivos. *Revista de Producción Vegetal*, 30(3), 78-93.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press.
- Strasburger, E. (1956) *Tratado de botánica*.
- Symborg. (2023). Ectomicorrizas y endomicorrizas, ¿en qué se diferencian? Recuperado de <https://symborg.com/pe/actualidad-peru/ectomicorrizas-y-endomicorrizas-en-que-se-diferencian/>
- Thompson, H. (1949) *Vegetable Crops*, New York - EE.UU.

ANEXOS

Instrumentos para recolección de datos

- Cartillas de registro de datos (evaluación)
- GPS, Laptop
- Cuaderno de evidencias
- Celular con cámara fotográfica, USB
- Balanzas electrónica
- Wincha y vernier
- Programa Excel e Infostat
- Observación de fenómenos y entrevista a expertos como técnicas para recojo de la información.
- Supuestos e ideas
- Métodos analíticos y cuantitativo.

Evaluaciones realizadas

Porcentaje de prendimiento (%)

Dosis de micorrizas	%
T1-OrGr_1g/L	94
T2-OrGr_2g/L	95
T3-OrGr_3g/L	97
T4-OrGr_4g/L	100
T5-Test.	83

Número de hojas (n°)

	Bloque I							Bloque II							Bloque III						
Dosis de micorrizas	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 5	Planta 6	promedio	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 5	Planta 6	promedio	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 5	Planta 6	promedio
T1-Organic Granular 1g/L	20	21	19	20	18	20	19.7	19	21	22	20	18	21	20.2	18	17	18	17	21	18	18.2
T2-Organic Granular 2g/L	21	22	23	21	19	21	21.2	23	21	22	21	23	22	22.0	18	20	19	21	20	19	19.5
T3-Organic Granular 3g/L	22	23	24	23	22	21	22.5	22	23	24	21	24	24	23.0	22	21	23	21	21	20	21.3
T4-Organic Granular 4g/L	22	23	24	25	22	21	22.8	23	21	21	21	21	22	21.5	24	23	24	23	24	25	23.8
T5-Testigo	19	18	17	20	18	18	18.3	18	20	19	20	21	19	19.5	19	20	24	21	18	19	20.2

Diámetro de cabeza (cm)

	Bloque I							Bloque II							Bloque III						
Dosis de micorrizas	Cabeza 1	Cabeza 2	Cabeza 3	Cabeza 4	Cabeza 5	Cabeza 6	promedio	Cabeza 1	Cabeza 2	Cabeza 3	Cabeza 4	Cabeza 5	Cabeza 6	promedio	Cabeza 1	Cabeza 2	Cabeza 3	Cabeza 4	Cabeza 5	Cabeza 6	promedio
T1-Organic Granular 1g/L	22.1	23.5	24.1	22.5	23.1	21.1	22.7	22.2	23.5	24.9	23.4	24.6	23.9	23.8	21.3	20.5	19.9	20.2	21.4	22.4	21.0
T2-Organic Granular 2g/L	24.3	25.3	25.4	24.3	25.2	24.3	24.8	25.4	25.6	24.9	26.1	25.1	25.8	25.5	23.4	23.8	22.9	22.5	23.1	23.8	23.3
T3-Organic Granular 3g/L	26.3	26.4	27.1	26.8	27.3	25.9	26.6	27.1	27.6	27.6	27.4	27.1	27.3	27.4	25.4	25.3	25.6	25.7	25.6	25.1	25.5
T4-Organic Granular 4g/L	28.3	27.9	28.8	27.2	26.9	29.3	28.1	29.3	29.1	29.4	28.4	30.2	30.5	29.5	30.1	30.5	29.9	30.5	31.2	30.4	30.4
T5-Testigo	20.3	19.5	18.3	17.8	19.5	19.4	19.1	20.3	21.1	20.8	19.5	20.8	21.5	20.7	21.3	22.5	22.5	21.2	22.6	21.5	21.9

Número de días a la cosecha (n°)

Dosis de micorrizas	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T1-Organic Granular 1g/L	89	90	92
T2-Organic Granular 2g/L	92	94	96
T3-Organic Granular 3g/L	94	97	99
T4-Organic Granular 4g/L	87	89	85
T5-Testigo	100	103	106

Peso de cabeza (kg)

	Bloque I							Bloque II							Bloque III						
Dosis de micorrizas	Cabeza 1	Cabeza 2	Cabeza 3	Cabeza 4	Cabeza 5	Cabeza 6	promedio	Cabeza 1	Cabeza 2	Cabeza 3	Cabeza 4	Cabeza 5	Cabeza 6	promedio	Cabeza 1	Cabeza 2	Cabeza 3	Cabeza 4	Cabeza 5	Cabeza 6	promedio
T1-Organic Granular 1g/L	1.9	2.4	2.2	2.1	1.9	2.3	2.13	2.2	2.3	2.4	2.5	2.4	2.1	2.32	1.9	2.1	2.3	2.1	1.8	1.9	2.02
T2-Organic Granular 2g/L	2.2	2.3	2.1	2.2	2.4	2.1	2.20	2.4	2.3	2.4	2.2	2.3	2.3	2.32	2.4	2.5	2.6	2.3	2.4	2.3	2.42
T3-Organic Granular 3g/L	2.4	2.3	2.5	2.3	2.4	2.5	2.40	2.5	2.5	2.7	2.8	2.9	2.7	2.68	2.5	2.6	2.5	2.4	2.3	2.7	2.50
T4-Organic Granular 4g/L	2.5	2.6	2.8	2.5	2.7	2.4	2.58	2.6	2.5	2.7	2.8	2.9	2.7	2.70	2.8	2.9	2.8	2.9	2.7	2.9	2.83
T5-Testigo	1.7	1.6	1.8	1.7	1.8	1.7	1.72	1.8	1.9	2	1.7	1.9	2.4	1.95	2.1	2.3	2.4	2.1	2.2	2.1	2.20

Rendimiento por hectárea (t/ha)

	BI I	BI II	BI III
Dosis de micorrizas			
T1-Organic Granular 1g/L	41.2	40.5	42.1
T2-Organic Granular 2g/L	42.3	42.2	41.6
T3-Organic Granular 3g/L	44.1	45.7	43.4
T4-Organic Granular 4g/L	45.3	46.2	47.5
T5-Testigo	39.1	40.2	41.5

Días a la duración de la postcosecha (n°)

Dosis de micorrizas	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T1-Organic Granular 1g/L	11	12	10
T2-Organic Granular 2g/L	12	11	13
T3-Organic Granular 3g/L	13	12	14
T4-Organic Granular 4g/L	14	16	15
T5-Testigo	10	9	8

Panel fotográfico



Preparación y marcado de terreno



Instalación del cultivo



Manejo del cultivo



Aplicación de hormona



Cosecha

