

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS:**

**Microorganismos eficientes, hongos micorrícicos arbusculares,  
ácidos húmicos y cobertura vegetal en el rendimiento de maíz morado  
(*Zea mays* L.). Canaán, 2750 msnm. Ayacucho - 2025**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR:

**Bach. Jaime PARIONA TOLEDO**

ASESOR:

**Dr. Rolando BAUTISTA GÓMEZ**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2025**

*A Dios, por su guía, por alinear mis sueños con la eternidad y por su bendición.*

*A mi padre Julián, mi madre Juana, mi hermana Hermelinda y Flor, mis hermanos Saul, Jhon José y Jhan Kevin, a mis amigos y familiares cercanos, por su amor y apoyo incondicional.*

*Jaime P.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por ser el faro que guía con su saber y por ofrecerme un hogar académico donde transformar el aprendizaje en logros, cuyo legado de excelencia inspira mi compromiso con el conocimiento.

Manifiesto mi profunda gratitud a la Escuela Profesional de Agronomía por ser el cimiento de mi desarrollo académico y a sus docentes, cuya guía y vocación han inspirado mi crecimiento personal y profesional.

Al Dr. Rolando Bautista Gómez, por su asesoría, conocimiento, paciencia y por su guía constante que han sido la base sólida sobre la que se construye este trabajo. Su compromiso y dedicación han inspirado en mí el valor de la excelencia y el rigor académico.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO I.....	13
MARCO TEÓRICO.....	13
1.1. Antecedentes de investigación.....	13
1.2. Cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.).....	16
1.2.1. Origen y distribución.....	16
1.2.2. Taxonomía.....	17
1.2.3. Características morfológicas.....	17
1.2.4. Fenología del cultivo.....	20
1.2.5. Requerimientos edafoclimáticos.....	21
1.2.6. Manejo agronómico del cultivo.....	23
1.2.7. Principales plagas y enfermedades.....	25
1.3. Los biofertilizantes.....	27
1.3.1. Microorganismos eficientes.....	32
1.3.2. Hongos micorrícicos arbusculares.....	35
1.3.3. Ácidos húmicos.....	41
1.4. Cobertura vegetal.....	42
CAPÍTULO II.....	44
METODOLOGÍA.....	44
2.1. Lugar del experimento.....	44
2.2. Registro de cultivos previos en el área experimental.....	44
2.3. Análisis de las características fisicoquímicas del suelo.....	46
2.4. Condiciones climáticas del sitio experimental.....	47
2.5. Material vegetal.....	48
2.6. Materiales y equipos.....	49

2.7.	Método procedimental .....	50
2.7.1	<i>Factores de estudio</i> .....	50
2.7.2	<i>Diseño experimental y análisis estadístico</i> .....	50
2.7.3	<i>Tratamientos empleados</i> .....	51
2.7.4	<i>Características del campo experimental</i> .....	52
2.8.	Instalación y manejo del experimento.....	53
2.8.1	<i>Limpieza del terreno</i> .....	53
2.8.2	<i>Delimitación de las parcelas experimentales</i> .....	54
2.8.3	<i>Abonamiento de base</i> .....	54
2.8.4	<i>Siembra</i> .....	54
2.8.5	<i>Colocación de cintas de riego</i> .....	54
2.8.6	<i>Aplicación de biofertilizantes</i> .....	55
2.8.7	<i>Aporque y raleo</i> .....	56
2.8.8	<i>Incorporación de cobertura vegetal</i> .....	56
2.8.9	<i>Control fitosanitario</i> .....	56
2.8.10	<i>Cosecha</i> .....	57
2.8.11	<i>Secado</i> .....	57
2.9.	Variables de evaluación .....	57
2.9.1	<i>Precocidad</i> .....	57
2.9.2	<i>Rendimientos</i> .....	58
2.10.	Análisis de costos y beneficios .....	59
	CAPÍTULO III .....	60
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	60
3.1.	Variables de precocidad .....	60
3.2.	Variables de rendimiento .....	62
3.2.1	<i>Altura de planta</i> .....	62
3.2.2	<i>Longitud de mazorca</i> .....	65
3.2.3	<i>Peso de la mazorca</i> .....	68
3.2.4	<i>Peso 1000 granos</i> .....	70
3.2.5	<i>Diámetro de mazorca</i> .....	72
3.2.6	<i>Rendimiento total de mazorca</i> .....	74
3.2.7	<i>Rendimiento de la categoría primera</i> .....	76
3.2.8	<i>Rendimiento de la categoría segunda</i> .....	79

3.2.9 Rendimiento de la categoría tercera.....	81
3.3. Análisis de costos y beneficios .....	83
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES .....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	87
ANEXOS .....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b> Estados fenológicos del maíz .....	20
<b>Tabla 1.2</b> Clasificación general de los biofertilizantes .....	31
<b>Tabla 2.1.</b> Caracterización físico-química del suelo en el área experimental de Canaán. Ayacucho, 2024 .....	46
<b>Tabla 2.2</b> Balance hídrico mensual 2024-2025. Estación Meteorológica INIA–Canaán.....	47
<b>Tabla 2.3</b> Características del maíz morado INIA 615 .....	49
<b>Tabla 2.4</b> Código y descripción de los tratamientos.....	51
<b>Tabla 2.5</b> Descripción de las dimensiones y componentes del campo experimental .....	52
<b>Tabla 3.1</b> Rangos de ocurrencia de eventos fenológicos en maíz morado bajo tratamientos de coberturas vegetales y biofertilizantes en Canaán - Ayacucho, 2750 msnm (ndds) .....	60
<b>Tabla 3.2</b> Análisis de varianza de la altura de planta de maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm.....	62
<b>Tabla 3.3</b> Análisis de varianza de la longitud de mazorca de maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm.....	65
<b>Tabla 3.4</b> Análisis de varianza del peso de la mazorca de maíz con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm.....	68
<b>Tabla 3.5</b> Análisis de varianza del peso 1000 granos de maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm.....	70
<b>Tabla 3.6</b> Análisis de varianza del diámetro de mazorca del maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm.....	72
<b>Tabla 3.7</b> Análisis de varianza del rendimiento total de mazorca del maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm.....	74
<b>Tabla 3.8</b> Análisis de varianza del rendimiento de la categoría primera del maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm.....	77
<b>Tabla 3.9</b> Análisis de varianza del rendimiento de la categoría segunda del maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm.....	79
<b>Tabla 3.10</b> Análisis de varianza del rendimiento de la categoría tercera del maíz con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm.....	81
<b>Tabla 3.11</b> Análisis costo-beneficio de los tratamientos evaluados en el rendimiento por categoría del maíz morado. Canaán, 2750 msnm.....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Mecanismos de acción de los biofertilizantes.....	28
<b>Figura 1.2</b> Esquema del efecto de los biofertilizantes en la absorción de nutrientes por las plantas.....	30
<b>Figura 1.3</b> Formas de colonización micorrízica .....	39
<b>Figura 2.1</b> Mapa referencial de la zona de investigación .....	45
<b>Figura 2.2</b> Climograma de la campaña agrícola julio 2024 a junio 2025, registrado en la estación meteorológica INIA-Canaán .....	48
<b>Figura 2.3</b> Esquema de la unidad experimental .....	53
<b>Figura 2.4</b> Plano de distribución de los tratamientos .....	53
<b>Figura 3.1</b> Prueba de Tukey para los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre la altura del maíz morado. Canaán, 2750 msnm.....	63
<b>Figura 3.2</b> Prueba de Tukey para los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre la longitud de mazorca del maíz morado. Canaán, 2750 msnm .....	66
<b>Figura 3.3</b> Prueba de Tukey para los efectos simples de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el peso de la mazorca del maíz morado. Canaán, 2750 msnm .....	69
<b>Figura 3.4</b> Prueba de Tukey para los efectos principales de los biofertilizantes sobre el peso de 1000 semillas del maíz morado. Canaán, 2750 msnm.....	71
<b>Figura 3.5</b> Prueba de Tukey para los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el diámetro de la mazorca del maíz morado. Canaán, 2750 msnm .....	73
<b>Figura 3.6</b> Prueba de Tukey para los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el rendimiento total de mazorca del maíz morado. Canaán, 2750 msnm .....	75
<b>Figura 3.7</b> Prueba de Tukey para los efectos simples de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el rendimiento de la categoría primera del maíz morado. Canaán, 2750 msnm .....	78
<b>Figura 3.8</b> Prueba de Tukey para los efectos simples de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el rendimiento de la categoría segunda del maíz morado. Canaán, 2750 msnm .....	80
<b>Figura 3.9</b> Prueba de Tukey para los efectos simples de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el rendimiento de la categoría tercera del maíz morado. Canaán, 2750 msnm .....	82

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Detalles de costos de producción por tratamiento .....	95
<b>Anexo 2.</b> Datos registrados de las variables evaluadas .....	107
<b>Anexo 3.</b> Resultado del análisis de suelo .....	110
<b>Anexo 4.</b> Galería de imágenes del proceso experimental .....	111
<b>Anexo 5.</b> Hoja técnica de MycoGrom.....	119
<b>Anexo 6.</b> Ficha técnica de PHOS-HUMIC NK.....	121
<b>Anexo 7.</b> Ficha técnica de EM.COMPOST .....	124

## RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de biofertilizantes y coberturas vegetales en el rendimiento de maíz morado. Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar y los doce tratamientos se distribuyeron con el Diseño de Parcelas Divididas en tres repeticiones. Se utilizaron dos factores: Biofertilizantes (EM, Hongos micorrícicos arbusculares y ácidos húmicos) y Cobertura vegetal (Arveja y trigo). Se evaluaron variables de precocidad: Número de días a la floración masculina, femenina y a la madurez fisiológica y variables de rendimiento: Altura de planta; longitud, diámetro y peso de la mazorca; peso de 1000 granos; rendimiento de primera, segunda y tercera categoría de mazorca y rendimiento total de mazorca. Los resultados obtenidos muestran que los microorganismos eficientes presentaron valores superiores en la altura de planta (235.21 cm), peso de 1000 granos (426.79 g) y longitud de mazorca (14.36 cm), en comparación con el tratamiento sin biofertilizante. En cuanto a la cobertura vegetal, los mayores valores en diámetro de mazorca (4.62 cm) y rendimiento total de la mazorca ( $7\ 331.77\ \text{kg ha}^{-1}$ ) se registró con aplicación de la cobertura de arveja. La aplicación de microorganismos eficientes, hongos micorrícicos arbusculares y ácidos húmicos, tuvo un efecto positivo en altura de planta, longitud, diámetro y peso de mazorca y peso de 1000 granos. La cobertura de arveja reportó la mayor altura de planta, longitud y diámetro de la mazorca, rendimiento de mazorca de categoría primera y rendimiento total de mazorca. Finalmente, la mayor relación B/C se obtuvo con el T6 (EM y cobertura de arveja) con 1.02.

**Palabras claves:** Biofertilizantes, cobertura vegetal, maíz morado.

## INTRODUCCIÓN

El maíz morado (*Zea mays* L.) es una variedad característica y representativa del Perú, reconocido globalmente por su riqueza en antocianinas, compuestos con propiedades antioxidantes y beneficios para la salud. Este cultivo ha ganado gran importancia en el Perú, especialmente para los agricultores de la sierra debido a la creciente demanda, y su relevancia que va más allá del ámbito alimentario, ya que se utiliza también en las industrias farmacéutica y alimenticia, lo que lo convierte en un recurso valioso para la economía rural, promoviendo la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible en comunidades vulnerables.

En el año 2022, a nivel nacional, el maíz morado alcanzó un rendimiento promedio de 5 530 kg ha<sup>-1</sup>, con una superficie sembrada de 3 832.25 ha y una producción total de 20 917.04 toneladas. Las regiones de Moquegua (6 889 kg ha<sup>-1</sup>) y Huánuco (6 872 kg ha<sup>-1</sup>) destacaron como las de mayor productividad, lo que evidencia condiciones edafoclimáticas favorables para este cultivo. En el caso de Ayacucho, se registró una superficie sembrada de 874 ha, una producción de 4 786 toneladas y un rendimiento promedio de 5 476 kg ha<sup>-1</sup>, posicionándose como una de las principales zonas productoras. Este desempeño refleja el potencial agrícola de la región, pese a limitantes como la fertilidad reducida de los suelos, la degradación del ecosistema agrícola, la variabilidad climática y el acceso restringido a tecnologías sostenibles (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2022).

En este contexto, el uso de biofertilizantes como los microorganismos eficaces, ácido húmico y hongos micorrícicos arbusculares han emergido como una estrategia sostenible para mejorar la absorción de nutrientes y fortalecer la resistencia de las plantas a condiciones adversas. A su vez, la cobertura vegetal desempeña un papel clave en la conservación de la humedad del suelo, el control de la erosión y la optimización del microclima agrícola.

De acuerdo con Maçik et al. (2020) los biofertilizantes “contienen uno o más microorganismos vivos que se establecen en la rizosfera y mejoran la productividad del suelo fijando el nitrógeno atmosférico y solubilizando diferentes nutrientes, ejerciendo así efectos beneficiosos directos o indirectos sobre el crecimiento y el rendimiento de los cultivos a través de diferentes mecanismos” (p. 34).

Por su parte, la cobertura vegetal es una técnica ampliamente utilizada en regiones áridas y semiáridas debido a sus múltiples beneficios, ya que contribuye a enriquecer el suelo con carbono orgánico y nutrientes, reduce la temperatura máxima del suelo, aumenta la

biomasa microbiana y las actividades enzimáticas del suelo. Además, el uso de residuos de cultivos contribuye en la disminución de la evaporación de agua del suelo, lo que se traduce un aumento más eficiente en el uso del agua, un mayor rendimiento del cultivo y un beneficio económico mayor (Li et al., 2021).

Si bien existen estudios previos sobre la relación de estos factores con el rendimiento de cultivos en diferentes ecosistemas, hay una falta de información específica y suficiente sobre su impacto en el maíz morado cultivado en las condiciones agroclimáticas de la sierra ayacuchana. Por ello, esta investigación proporcionará datos relevantes que contribuirán a mejorar la productividad de los agricultores locales y además permitirá fomentar un manejo más sostenible de los suelos a través del uso de biofertilizantes y cobertura vegetal.

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto de microorganismos eficientes, hongos micorrícicos arbusculares, ácidos húmicos y cobertura vegetal en rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán, 2750 msnm. Ayacucho-2025.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar la influencia de microorganismos eficientes, hongos micorrícicos arbusculares y ácidos húmicos en rendimiento de maíz morado. Canaán, 2750 msnm. Ayacucho-2025.
2. Determinar la influencia de las coberturas vegetales en rendimiento de maíz morado. Canaán, 2750 msnm. Ayacucho-2025.
3. Estudiar la relación beneficio/costo en rendimiento de maíz morado. Canaán, 2750 msnm. Ayacucho-2025.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Antecedentes de investigación

Reyes-Pérez et al. (2021) realizaron un estudio para evaluar el efecto de los biofertilizantes en el crecimiento y desarrollo del pimiento bajo condiciones protegidas:

La investigación utilizó un diseño factorial  $2 \times 4$  con tres réplicas, en el que se compararon dos variedades de pimiento (Magaly y Lycal) y cuatro tratamientos: ácidos húmicos (1:30 v/v), quitosano ( $3 \text{ g L}^{-1}$  de agua), hongos micorrícicos (20 g de esporas  $\text{ml}^{-1}$ ) y un testigo (control). Los resultados indicaron que los biofertilizantes mejoraron la germinación de las semillas entre un 11.66% y 16.67%, además de favorecer la emergencia y el desarrollo estructural de las plantas. En particular, los ácidos húmicos incrementaron la altura y el diámetro del tallo a los 25 y 45 días después de la siembra, lo que a su vez se reflejó en un mayor peso y rendimiento del cultivo. Se registró un aumento en el número de frutos por planta (15.33 frutos), así como en la longitud, diámetro y peso de los frutos (12.22 cm, 43.33 mm y 92.22 g, respectivamente). La variedad Magaly mostró el mejor desempeño con un rendimiento de  $29.16 \text{ Mg ha}^{-1}$ , superando significativamente a la variedad Lycal en términos de germinación (96.67%) y emergencia (95%). (p.1)

Estos hallazgos evidencian que el uso de biofertilizantes puede potenciar el crecimiento vegetal, mejorar la producción y reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos.

Asimismo, Zambrano (2024) llevó a cabo una investigación relevante para el estudio de los biofertilizantes en la agricultura, en la cual evaluó su impacto en la calidad del suelo y el rendimiento del maíz morado en Ambo - Huánuco, obteniendo los siguientes resultados:

A través de un diseño completamente al azar (DBCA) y pruebas estadísticas como Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), se determinó que el tratamiento con Biofit mejoró significativamente la calidad del suelo, aumentando el pH, la materia orgánica y la

capacidad de intercambio catiónico. Además, se observó un incremento en la biomasa microbiana y en la presencia de bacterias nitrificantes. En términos de productividad, el rendimiento total alcanzó los 6 520 kg ha<sup>-1</sup>, con los tratamientos T4 y T7 mostrando la mayor eficiencia. La rentabilidad fue superior al 40%, evidenciando que los biofertilizantes pueden ser una alternativa viable y sostenible frente a los fertilizantes convencionales, contribuyendo a la mejora de la producción agrícola sin afectar negativamente el ambiente. (p.1)

Carbonelli (2020) llevó a cabo un estudio en la Estación Experimental Agraria Donoso del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) en Huaral – Lima, con el objetivo de evaluar el impacto de distintas dosis de microorganismos eficientes (EM) en la fenología y rendimiento del maíz morado (*Zea mays* L.):

Para dicha investigación se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres tratamientos (1, 3 y 6 litros de EM por hectárea) y un testigo sin aplicación de EM, cada uno con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que la aplicación de microorganismos eficientes tuvo un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en el desarrollo fenológico del cultivo, influyendo positivamente en variables como la altura y diámetro del tallo, porcentaje de floración y maduración en diferentes estados, así como en la longitud y número de mazorcas por planta. En cuanto al rendimiento, la producción promedio del testigo fue de  $3.54 \pm 0.77$  Mg ha<sup>-1</sup>, mientras que los tratamientos con EM incrementaron significativamente los valores, alcanzando  $5.05 \pm 0.54$  Mg ha<sup>-1</sup> con 1 L de EM,  $5.64 \pm 0.33$  Mg ha<sup>-1</sup> con 3 L de EM y  $6.53 \pm 0.77$  Mg ha<sup>-1</sup> con 6 L de EM, duplicando la productividad en comparación con el testigo. De manera similar, el peso de la tusa presentó una alta correlación positiva con la aplicación de EM, demostrando el potencial de estos biofertilizantes para mejorar el rendimiento del maíz morado. (p.6)

El estudio evidencia la importancia de los microorganismos eficientes en el cultivo de maíz morado, demostrando un impacto positivo y significativo en su fenología y rendimiento.

Gutiérrez (2019) realizó un estudio en el anexo de Wuiruypaqcha, distrito de Quinua, Ayacucho, con el propósito de evaluar el impacto de la biofertilización con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y bacterias *Azospirillum* sp. en el rendimiento del maíz amiláceo blanco, así como su viabilidad económica:

La investigación utilizó un Diseño de Bloques Completos Randomizado, considerando cinco tratamientos: testigo, biofertilización con HMA, biofertilización con *Azospirillum sp.*, biofertilización combinada (HMA + *Azospirillum sp.*) y fertilización química. Los resultados indicaron que la biofertilización con HMA obtuvo el mayor rendimiento con 3 187.00 kg ha<sup>-1</sup> de grano seco, superando a la fertilización química (2881.75 kg ha<sup>-1</sup>) y al testigo (2 673.75 kg ha<sup>-1</sup>). En términos de rentabilidad, la biofertilización con HMA mostró el mejor desempeño económico con un índice de 2.04, seguido del testigo (1.97) y la fertilización química (1.31), mientras que la combinación HMA + *Azospirillum sp.* resultó no ser rentable debido a su alto costo de producción y bajo rendimiento (1 831.25 kg ha<sup>-1</sup>, índice de 0.62). (p.9)

Estos hallazgos demuestran que la biofertilización con HMA es una estrategia viable para mejorar la productividad del maíz y optimizar la rentabilidad del cultivo.

Zuta (2024) realizó un trabajo de investigación con el propósito de valorar la influencia de los bioestimulantes aplicados durante las etapas de crecimiento del maíz choclero, variedad INIA 603, donde:

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar en Bloques (DBCA) con un arreglo bifactorial 4Bx2M, donde "B" representó los tipos de bioestimulantes (ácido húmico, ácido fúlvico, aminoácidos y extractos de algas), y "M" indicó los momentos de aplicación basados en las etapas fenológicas. El análisis estadístico mediante ANOVA y la prueba de Tukey evidenciaron que la aplicación de ácidos húmicos tuvo un impacto positivo en los parámetros agronómicos y en la productividad del cultivo. Se registraron rendimientos que oscilaron entre 9.65 y 14.23 Mg ha<sup>-1</sup> para mazorcas con brácteas, y entre 4.725 y 9.125 Mg ha<sup>-1</sup> para mazorcas sin brácteas. Asimismo, se obtuvo una alta relación costo-beneficio en ambos momentos de aplicación, con valores de 3.62 y 3.44, respectivamente. (p. xiii)

Los resultados del estudio evidencian que el uso de ácidos húmicos generó un impacto positivo en la producción del maíz choclero, reflejándose en un aumento del rendimiento y una relación costo-beneficio favorable.

Por otro parte, Liu et al. (2023) en el artículo científico titulado “Evaluación de la influencia del acolchado de paja y el cultivo intercalado en la absorción de nitrógeno, el crecimiento del cultivo y el rendimiento del maíz y la soja” reportaron que:

El rendimiento del maíz y la soja en el tratamiento de acolchado fue 66.6 % mayor que el del tratamiento sin acolchado, y la absorción de nitrógeno del maíz y la soja en el tratamiento de acolchado fue 24.3% mayor que en el tratamiento sin acolchado. (p.1)

Estos hallazgos sugieren que el acolchado es una alternativa viable para mejorar la productividad en condiciones de secano, promoviendo una mayor sostenibilidad agrícola.

De igual manera, Ramadhan (2021) en su trabajo de investigación titulado “Rendimiento y componentes del rendimiento del maíz y propiedades físicas del suelo según los efectos de las prácticas de labranza y el acolchado orgánico” señala que “la altura de la planta, los componentes del rendimiento, el rendimiento de grano y biomasa, así como el contenido de agua del suelo aumentaron después de los tratamientos de acolchado”. (p.1)

## **1.2. Cultivo de maíz (*Zea mays* L.)**

### **1.2.1. Origen y distribución**

“México es reconocido como uno de los principales centros de origen del maíz (*Zea mays* L.), destacándose por su gran diversidad genética. En el país se han identificado más de 59 razas de esta gramínea”(Sanchez et al., 2000, p.44).

Asimismo, Salvador-Reyes y Clerici (2020) sostienen que el maíz (*Zea mays* L.) se originó en América, con posibles centros de domesticación en las tierras bajas de México y Guatemala, aunque su origen exacto aún sigue en estudio. Se estima que su domesticación ocurrió hace aproximadamente 8,000 años en dos regiones principales del continente: Mesoamérica (México y Guatemala) y los Andes (Perú y Bolivia). Como resultado, se desarrollaron dos linajes genéticos distintos, conocidos como genes mesoamericanos y genes andinos.

Lao et al. (2017) señalan que “el maíz morado (*Zea mays* L.) es originario de la región andina del Perú y se cultiva ampliamente en países como Ecuador, Bolivia y Argentina”.

“El maíz morado proviene de la raza “Kculli”, aún cultivada en Perú. Mediante cruces con otras variedades, ha transmitido su color característico a razas derivadas como Piscoruntu, Huayleño, Cusco, San Gerónimo, Huancavelicano, Iqueño y Arequipeño, diversificando su genética” (Pinedo et al., 2015, p.4).

El maíz morado se cultiva en diversas regiones del Perú, como Ancash, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Huánuco, Ica, Lima, Moquegua y Lambayeque. Existen varias variedades, entre ellas Morado Canteño, Morado Mejorado, Morado Caráz, Arequipeño, Cuzco Morado, Negro Junín y Negro Canaán, siendo el Morado Canteño el más comercializado debido a su óptimo desarrollo entre 1800 y 2500 msnm. Su período de floración ocurre entre los 110 y 125 días, presenta tolerancia a plagas y se adapta con facilidad a diferentes condiciones. Aunque la altitud ideal para su producción varía entre 1000 y 2900 msnm, también puede cultivarse hasta los 3000 msnm. (p.15)

### 1.2.2. *Taxonomía*

De acuerdo con Cronquist (1981) el maíz morado (*Zea mays* L.), al ser una variedad del maíz común, se ubica taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Subclase	: Commelinidae
Orden	: Poales
Familia	: Poaceae
Género	: <i>Zea</i>
Especie	: <i>Zea mays</i> L.
Nº de cromosomas	: $2n = 20$
Nombre común	: Maíz morado

### 1.2.3. *Características morfológicas*

**Raíces.** Se clasifican en seminales y adventicias. Las seminales se originan en la germinación de la semilla, incluyendo la radícula, que es la primera estructura en atravesar el pericarpio, y un conjunto de raíces laterales que emergen en la base del primer entrenudo, sobre el nudo escutelar. Mientras las raíces adventicias se forman en los primeros entrenudos, adoptando la forma de un cono invertido. Cada entrenudo genera una corona con entre 4 y 5 raíces, incrementando en número hasta el séptimo u octavo entrenudo bajo la superficie. Estas coronas siguen desarrollándose incluso en los primeros entrenudos sobre el suelo, brindando

estabilidad a la planta. Se estima que alrededor del 75 % del sistema radicular se concentra en los primeros 120 a 150 cm del suelo. (Medina et al., 2022, p.32)

**Tallo.** Cumple tres funciones principales: proporcionar soporte, transportar nutrientes y almacenar carbohidratos. Su estructura está compuesta por 20 a 30 nudos y entrenudos, dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales. Durante las primeras etapas de crecimiento, el desarrollo del tallo inicia con la elongación celular en los entrenudos. Sin embargo, en ambientes adversos, este proceso puede verse limitado, lo que afecta la altura final de la planta. (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2020, p.37)

**Hojas.** “Se ubican de manera alterna en el tallo. Cada una posee: la lámina foliar alargada y lanceolada con nervadura central y venas paralelas; vaina que rodea el entrenudo; y lígula o cuello que une la lámina y la vaina” (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2020, p.38).

Medina et al. (2022) señala que las hojas del maíz se originan en las yemas ubicadas en los nudos del tallo, y su número varía según la variedad y la cantidad de nudos presentes. A lo largo del tiempo, la selección genética ha modificado su morfología, pasando de hojas más anchas y laxas a estructuras erectas y semi erectas con menor área foliar. Este cambio permite una mayor eficiencia en la captura de energía solar, una característica distintiva en el germoplasma moderno. (p.34)

**Inflorescencia y flores.** El maíz es una planta monoica, lo que significa que posee flores masculinas y femeninas en la misma planta. Las flores masculinas, conocidas como estaminadas, se agrupan en una inflorescencia llamada panoja o penacho, mientras que las flores femeninas, denominadas pistiladas, forman parte de la mazorca o espata. En la panoja, las espiguillas se organizan en pares y contienen dos flores masculinas, cada una con un pistilo rudimentario y tres estambres, cuyas anteras producen gran cantidad de polen. Por otro lado, en la mazorca, las espiguillas contienen dos flores femeninas, de las cuales solo una se desarrolla plenamente. Esta flor fértil está compuesta por un pistilo con un estilo alargado o “barba”, que culmina en un estigma unicelular o multicelular. El óvulo, de tipo campilótropo, es responsable de la formación del grano tras la fecundación. (Manrique, 1997, p.49)

Por otro lado, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2020) señala que la panoja es la última estructura en desarrollarse en el maíz, formándose cerca de dos semanas luego de la aparición de la plántula. Su crecimiento comienza con la aparición de todas las hojas, seguido por la producción y liberación del polen. Este proceso empieza en la parte baja del tercio medio superior de la panoja y se extiende hacia las puntas, manteniendo el mismo patrón en sus ramificaciones. Cada panoja puede generar entre 15 y 50 millones de granos de polen, cuya dispersión depende del viento. Aunque la variabilidad es alta, se estima que más del 90 % del polen cae a distancias menores de 50 metros de la planta. (p.38)

**Fruto.** conocido como cariopsis, se caracteriza por la fusión del intertegumento con la semilla, la cual está formada por el pericarpio, endospermo y embrión. El pericarpio, también denominado “cáscara”, es una capa transparente que protege las partes internas del grano y proviene del tejido materno. En la zona superior del grano se observa una cicatriz, identificada como el punto donde se unía el estilo o “barba” del choclo, mientras que en la parte inferior se localiza el pedicelo, que une el grano con el tallo floral. (Manrique, 1997, p.50)

El endospermo constituye entre el 80 y 85 % del peso total del grano y está formado principalmente por almidón (88 %) y proteínas (8 %). Su capa externa, la aleurona, produce enzimas hidrolíticas que degradan carbohidratos, proteínas y lípidos en compuestos más simples para nutrir al embrión durante la germinación. En la base del endospermo, sobre el pedicelo, se halla una capa celular que transporta nutrientes desde la planta madre y posteriormente origina la “capa negra”, señal de que el grano alcanzó su madurez fisiológica, con un contenido de humedad entre 32 % y 35 %. A partir de ese punto, el maíz puede cosecharse, aunque la trilla debe hacerse cuando la humedad baja a menos del 16 %. Por otro lado, el embrión representa alrededor del 12 % del peso total del grano y está formado por un eje central, donde se encuentran el tallo embrional y la radícula. El tallo embrional está cubierto por hojas modificadas, como el escutelo y el coleóptilo, que originan las estructuras escutelar y coleoptilar, respectivamente. Entre ambas se ubica el mesocotilo, seguido del primer entrenudo. Durante la germinación, la radícula es la primera en aparecer, mientras que el mesocotilo se alarga y empuja el coleóptilo hacia la superficie. Este último protege a la plúmula, que está compuesta por hojas embrionarias y se libera una vez que el coleóptilo deja de crecer. (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2020, p.41)

#### 1.2.4. Fenología del cultivo

Según el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2020) el desarrollo del maíz se divide en dos estados fenológicos principales: vegetativa (V) y reproductiva (R). La fase vegetativa comienza con la emergencia de la plántula (VE) y avanza con la aparición de cada nueva hoja, identificándose como V1, V2, V3, y así sucesivamente hasta la formación de la panoja (VT), definiéndose cada estado por la emergencia completa de la hoja, marcada por la aparición de la lígula, mientras que la fase reproductiva inicia en R1 con la aparición de los estigmas y avanza hasta R6, cuando el maíz alcanza su madurez fisiológica. (p.42)

A continuación, se presenta una tabla detallada con la descripción de cada fase y sus principales características:

**Tabla 1.1**

*Estados fenológicos del maíz*

<b>E. fenológicos</b>	<b>Estados</b>	<b>Características</b>
Vegetativos	Ve	El coleótilo emerge de la superficie del suelo
	V1	Aparece la primera hoja embrionaria con borde redondeado, mientras el punto de crecimiento permanece entre 2.5 y 3.8 cm bajo la superficie.
	V3	Se inicia la formación de hojas y mazorcas, el punto de crecimiento sigue bajo el suelo.
	V5	El punto de crecimiento llega a la superficie, completándose la formación de hojas, mazorcas y panoja.
	V6	El crecimiento del tallo se acelera con alta demanda de nutrientes, por lo que se recomienda aplicar nitrógeno.
	V9	La panoja y el tallo crecen rápidamente, mientras las yemas de las mazorcas empiezan desarrollarse en los nudos sobre el suelo.
	V12	Se define el número potencial de granos y el tamaño de la mazorca.
	V15	La humedad en el campo debe mantenerse adecuada hasta una semana después del estado R1.
	V18	La mazorca se desarrolla rápidamente y ya es visible.
	VT	La planta alcanza su altura máxima y ocurre la antesis, marcando la floración masculina.

Reproductivos	R1	Floración femenina. Ocurre la polinización cuando los estigmas captan el polen; las pancas alcanzan su tamaño máximo.
	R2	Cuaje (ampolla). La mazorca llega a su tamaño definitivo, los estigmas se secan y el embrión se vuelve visible; comienza acumulación de materia seca con una humedad del 85 % en los granos.
	R3	Grano lechoso. El embrión posee un crecimiento acelerado, la materia seca va aumentando y la humedad del grano desciende al 80 %.
	R4	Grano pastoso. Los granos se estrechan dentro de la mazorca y la humedad disminuye a 75 %.
	R5	Grano dentado. Los granos inician su proceso de secado desde la parte superior, alcanzando una humedad del 70 %.
	R6	Madurez fisiológica. El desarrollo del grano se completa y la humedad baja entre 30 % y 35 %, permitiendo la cosecha.

*Nota:* Estados de desarrollo de la planta de maíz. Fuente:(Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2020)

### **1.2.5. Requerimientos edafoclimáticos**

**Suelo.** El maíz puede adaptarse a diversas condiciones de suelo, aunque su desarrollo es limitado en terrenos muy arcillosos o arenosos. Las mejores condiciones para su crecimiento se encuentran en suelos francos, fértiles, profundos, bien drenados y con alta capacidad de retención de agua. En cuanto a la acidez, el cultivo puede tolerar un pH entre 5.5 y 8, aunque el rango óptimo está entre 6 y 7, ya que valores fuera de este intervalo pueden afectar la disponibilidad de nutrientes, causando deficiencias o toxicidad. Además, el maíz presenta una tolerancia moderada a la salinidad en el suelo y en el agua de riego. (Pinedo et al., 2015, p.19)

Asimismo el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2020) señala que el pH óptimo para el cultivo de maíz se encuentra entre 5.5 y 6.5, ya que fuera de este rango la disponibilidad de nutrientes puede reducirse o, en algunos casos, acumularse en exceso, generando toxicidad. Ambas situaciones afectan la fertilidad del suelo, lo que impacta negativamente en el crecimiento y desarrollo del cultivo. (p.54)

Medina et al. (2022) definen que la salinidad del suelo se refiere a la concentración de sales solubles en la solución del suelo y se mide en deciSiemens por metro (dS/m) o milimhos por centímetro (mmhos/cm). Aunque ciertas cantidades de sales pueden ser beneficiosas, valores superiores a 4 mmhos/cm afectan negativamente al maíz, dificultando la absorción de agua y limitando el desarrollo radicular. Un exceso de sales en el suelo puede provocar toxicidad en la planta y generar sequía fisiológica, impidiendo que las raíces absorban agua incluso en suelos con buena humedad. Además, las sales suelen acumularse en las capas superficiales del suelo, afectando la emergencia de las plántulas y el establecimiento del cultivo. (p.60)

Risco (2007) señala que los suelos de la región de Ayacucho se caracterizan por ser arcillosos, francos arcillosos y francos arenosos, con una buena capacidad de retención de humedad y una capa arable profunda. Su pH varía entre 5.5 y 7.5, lo que favorece el cultivo de maíz morado en sus valles. Sin embargo, en algunas zonas pueden presentarse problemas de salinidad, los cuales deben ser considerados para optimizar la producción.

**Clima.** La temperatura es un factor agroclimático clave en el desarrollo del maíz, ya que influye en la velocidad de sus procesos metabólicos, pudiendo acortar o extender su ciclo vegetativo. Existe una relación directa entre las fases fenológicas de la planta y la acumulación diaria de temperatura, lo que permitió el cálculo de los Grados de Crecimiento Diario (GCD). Estos se determinan restando una temperatura base —que en el maíz es de 10 °C al promedio diario de temperatura, considerando que por debajo de este umbral no ocurre crecimiento celular. Los GCD se suman desde la siembra hasta la madurez fisiológica, permitiendo identificar su influencia en cada fase del cultivo. En la costa, el crecimiento del maíz ocurre dentro de un rango de 10 a 30 °C, ya que temperaturas fuera de este intervalo pueden ralentizar o detener el desarrollo celular. (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2020)

Medina et al. (2022) señalan que durante la fase reproductiva del maíz, las temperaturas elevadas pueden afectar la fertilidad del polen y, por ende, el rendimiento del cultivo. Cuando la temperatura supera los 35 °C, la viabilidad del polen disminuye significativamente, lo que puede comprometer la fecundación de los granos. Además, en la etapa de formación del endospermo, el exceso de calor interfiere con la acumulación de

materia seca, lo que resulta en una reducción del tamaño del grano y, en consecuencia, en una menor productividad. (p.53)

Manrique (1997) indica que el maíz, al contar con una ruta metabólica C4, optimiza la fotosíntesis al reducir la fotorespiración, lo que le permite un mayor aprovechamiento de la radiación solar y una mayor producción de materia seca. Sin embargo, en la sierra a más de 3,000 m s. n. m., factores como nubosidad, neblina y bajas temperaturas afectan su crecimiento, prolongando el período vegetativo y limitando su desarrollo óptimo. (p.73)

El rendimiento del maíz está directamente relacionado con la radiación solar, ya que una mayor exposición a la luz favorece su desarrollo. Por ello, es fundamental que el follaje capture la máxima cantidad de luz una vez que las plantas alcancen su tamaño óptimo. En el caso del maíz morado, la exposición a la radiación ultravioleta incrementa la producción de antocianinas, pigmentos hidrosolubles responsables de su color característico, lo que resalta la importancia de una adecuada captación de luz para optimizar su calidad y rendimiento. (Risco, 2007, p.55)

Por otro lado Pinedo et al. (2015) menciona que el clima de esta zona del Perú es predominantemente seco y templado, presentando notables variaciones térmicas entre el día y la noche. Las temperaturas bajan 2 °C en las madrugadas y alcanzan 20 °C durante el día. La precipitación anual se sitúa entre 500 y 1200 mm, con una marcada estacionalidad: los veranos son lluviosos y los inviernos secos y propensos a heladas. A lo largo del año, la temperatura media fluctúa entre 10 °C y 21 °C, condiciones que difieren del rango óptimo requerido para el crecimiento del maíz en regiones de la costa y la selva peruana. (p.19)

#### ***1.2.6. Manejo agronómico del cultivo***

**Preparación de la semilla.** Para garantizar un buen desarrollo del cultivo, la semilla debe cumplir con estándares de calidad, como pureza varietal, germinación superior al 80 %, buen vigor, peso adecuado de mil semillas y sanidad. Antes de la siembra, es recomendable aplicar un tratamiento fungicida, como VITAVAX, para prevenir enfermedades y proteger tanto la semilla como la plántula en sus primeras etapas de crecimiento. (Risco, 2007, p.20)

**Preparación del terreno.** Risco, (2007) señala que “una adecuada preparación del terreno mejora la germinación y el desarrollo radicular del maíz morado. Para ello, se realizan labores como riego, arado y surcado, estableciendo una distancia entre surcos de 80 a 90 cm para óptimo crecimiento del cultivo” (p.20). Asimismo Pinedo et al. (2015) afirma que el arado del suelo es una práctica esencial que contribuye a suavizar y airear el terreno, favoreciendo la incorporación de materia orgánica. Además, ayuda a controlar insectos en hibernación y expone estructuras de hongos y bacterias que pueden causar enfermedades. (p.25)

**Siembra.** Puede realizarse con 2 a 5 semillas por golpe a 40-50 cm de distancia o en surco corrido, colocando 2 semillas cada 15 cm con una densidad de 82,000 plantas ha<sup>-1</sup>. En Huanta, los surcos se distancian 70 cm, usando 2 a 3 semillas por golpe. La densidad recomendada varía entre 55,555 y 66,666 plantas ha<sup>-1</sup>, dependiendo de la fertilidad del suelo. Densidades mayores pueden aumentar el rendimiento, pero también generar plantas improductivas y mazorcas más pequeñas, afectando la calidad y valor comercial del producto.(Medina et al., 2022, p.59)

**Riego.** Se realiza cada 10 a 12 días, dependiendo del clima y tipo de suelo, siendo crucial durante la floración y el panojamiento para asegurar un buen desarrollo del cultivo. Se recomienda un volumen de 8 a 10 mil m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de agua. (Risco, 2007, p.20)

**Fertilización.** “Es clave para mejorar el rendimiento del maíz morado, y su aplicación depende de la densidad de siembra, tipo y fertilidad del suelo. Este cultivo tiene altos requerimientos de potasio, nitrógeno, magnesio y calcio, entre otros nutrientes esenciales” (Risco, 2007, p.20).

Asimismo Pinedo et al. (2015) afirman que el maíz requiere 16 elementos esenciales, pero los más demandados son nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), cuya deficiencia limita su producción. Además, en ciertas zonas, el azufre, zinc y magnesio pueden afectar su desarrollo. En el caso del maíz morado, sus necesidades nutricionales incluyen altos niveles de N, P, K, magnesio y calcio, recomendándose una fertilización de 586-220-100 kg ha<sup>-1</sup> (N-P-K) para un crecimiento óptimo. (p.21)

**Deshierbo y aporques.** Es fundamental para eliminar malezas y reducir la competencia por agua, nutrientes y espacio. La primera se realiza a los 45 días después de la siembra, seguida de al menos dos deshierbas adicionales hasta la cosecha. Además, durante los aporques, también se lleva a cabo el control de malezas, mejorando el desarrollo del cultivo.(Medina et al., 2022, p.89)

**Cosecha.** Cuando los granos alcanzan entre 30 % y 35 % de humedad, se procede a “tumbar la planta” y dejarla secar durante aproximadamente 4 a 5 días. Tras este periodo de secado, se realiza la separación de las mazorcas, asegurando una adecuada maduración antes de la cosecha.(Pinedo et al., 2015, p.26)

**Secado.** Las mazorcas se dejan secar hasta alcanzar un 20 % de humedad, asegurando la conservación de la calidad del pigmento. Para un secado eficiente, se recomienda utilizar aire forzado o energía solar, evitando la exposición directa a la luz solar.(Risco, 2007, p.21)

#### **1.2.7. Principales plagas y enfermedades**

El cultivo de maíz es vulnerable a diversas plagas que pueden afectar su crecimiento y rendimiento. Entre las más comunes se encuentran:

**Cogollero** (*Spodoptera frugiperda*). La hembra deposita sus huevos sobre las hojas del maíz, cubriéndolos con escamas. Al eclosionar, las larvas se alimentan en grupo, raspando el cogollo y las hojas, dejando zonas blanquecinas al consumir la epidermis y el mesófilo, afectando el desarrollo de la planta. Para su control, se recomienda el uso de virus en polvo o líquido, trampas con panel negro y, como última opción, el control químico con Triflumuron o Triclorfon. (Jerí, 2022, p.45)

**Mazorquero** (*Heliothis zea*). Las larvas se alimentan de los granos en estado pastoso y, al completar su desarrollo, perforan las brácteas del choclo antes de descender al suelo para empupar. Para su control, se recomienda aplicar aceite comestible o vegetal en la unión de los pistilos con la bráctea y optar por variedades con brácteas más ajustadas en el ápice de la mazorca.(Jerí, 2022, p.47)

**Gusano de tierra** (*Agrotis ipsilon*). Los adultos emergen en primavera y depositan sus huevos en el suelo y el tallo del maíz. Sus larvas, activas durante la noche, atraviesan hasta siete estadios larvales, completando su desarrollo en 30 días, durante los cuales se alimentan del tallo y las raíces, debilitando la planta y afectando su crecimiento. La fase de pupa, que ocurre en el suelo, dura entre 12 y 15 días, permitiendo la continuidad del ciclo y el incremento de la infestación. (Jerí, 2022, p.51)

**Diabrotica o lorito verde** (*Diabrotica spp*). Posee gran relevancia económica por su capacidad de transmitir el virus del mosaico enano y el tizón bacteriano del maíz. Las larvas, de color marrón amarillento, ocasionan daños en las raíces y en la base del tallo. Posteriormente, se transforman en pupas dentro del suelo hasta convertirse en insectos adultos. En esta fase, se alimentan de hojas tiernas, estigmas y granos, generando perforaciones y deterioro en el follaje, lo que retrasa el crecimiento del cultivo. (Narro & Piña, 2021, p.108)

Además de las plagas, el maíz puede verse afectado por diversas enfermedades, las cuales pueden ser de origen fúngico, bacteriano o viral. Algunas de las más frecuentes son:

**Mancha foliar por *Helminthosporium maydis***. Se inicia con pequeñas manchas ovaladas en las hojas inferiores, las cuales aumentan con el tiempo debido a la humedad y temperatura. Conforme progresa, las lesiones se vuelven necróticas y pueden cubrir gran parte del follaje, dañando seriamente la planta, especialmente si ocurre en la etapa de floración. Para su control, se recomienda alternar cultivos y emplear variedades resistentes.(Narro & Piña, 2021, p.119)

**Podredumbres de mazorca por *Fusarium moniliforme* y *Stenocarpella maydis***. El hongo *Fusarium moniliforme* es uno de los patógenos más comunes que produce pudrición en las mazorcas de maíz, sobre todo cuando han sido atacadas por larvas de *Helicoverpa zea* o *Euxesta spp*. Los daños se manifiestan en el tallo, granos y mazorcas, y pueden afectar zonas específicas o cubrirlas completamente. Los granos contaminados desarrollan un micelio blanquecino que desciende desde la punta, presentando tonalidades rosadas o rojizas, además de rayas blancas en el pericarpio.(Narro & Piña, 2021, p.116)

**Roya común del maíz (*Puccinia sorghi*).** El maíz puede ser afectado por tres tipos de roya: común, polvosa y tropical, siendo la roya común (*Puccinia sorghi*) la más habitual en el maíz amiláceo. Las pústulas naranjas aparecen desde la floración hasta los estados de pastoreo. Se observan manchas pulverulentas en ambas caras de las hojas, que inician en las inferiores y, con condiciones de humedad y temperatura favorables, avanzan hacia las superiores. Las lesiones se tornan marrones y, cuando el grano llega a su madurez fisiológica, la epidermis se agrieta y el agente no progresa. (García, 2021, p.34)

**Puka poncho (*Spiroplasma kunkelii*).** Esta enfermedad afecta la fisiología, nutrición y crecimiento del maíz, evidenciándose con coloración rojiza, hojas amarillentas o secas, pérdida de vigor y mazorcas con granos dañados. Se presenta con mayor frecuencia en siembras tempranas (julio-agosto). Es causada por el complejo spiroplasma-fitoplasma (mollicute), transmitido por el insecto *Dalbulus maidis*, el cual también propaga el virus del rayado fino en las primeras etapas del cultivo. (Narro & Piña, 2021, p.122)

### **1.3. Los biofertilizantes**

Según Riaz et al. (2020) están compuestos por algas, bacterias y hongos, ya sea en cepas individuales o combinadas, que favorecen el crecimiento vegetal al colonizar la rizosfera y el interior de la planta. Mejoran la disponibilidad de nutrientes, y pueden aplicarse en semillas, suelo o directamente en la planta. (p.190)

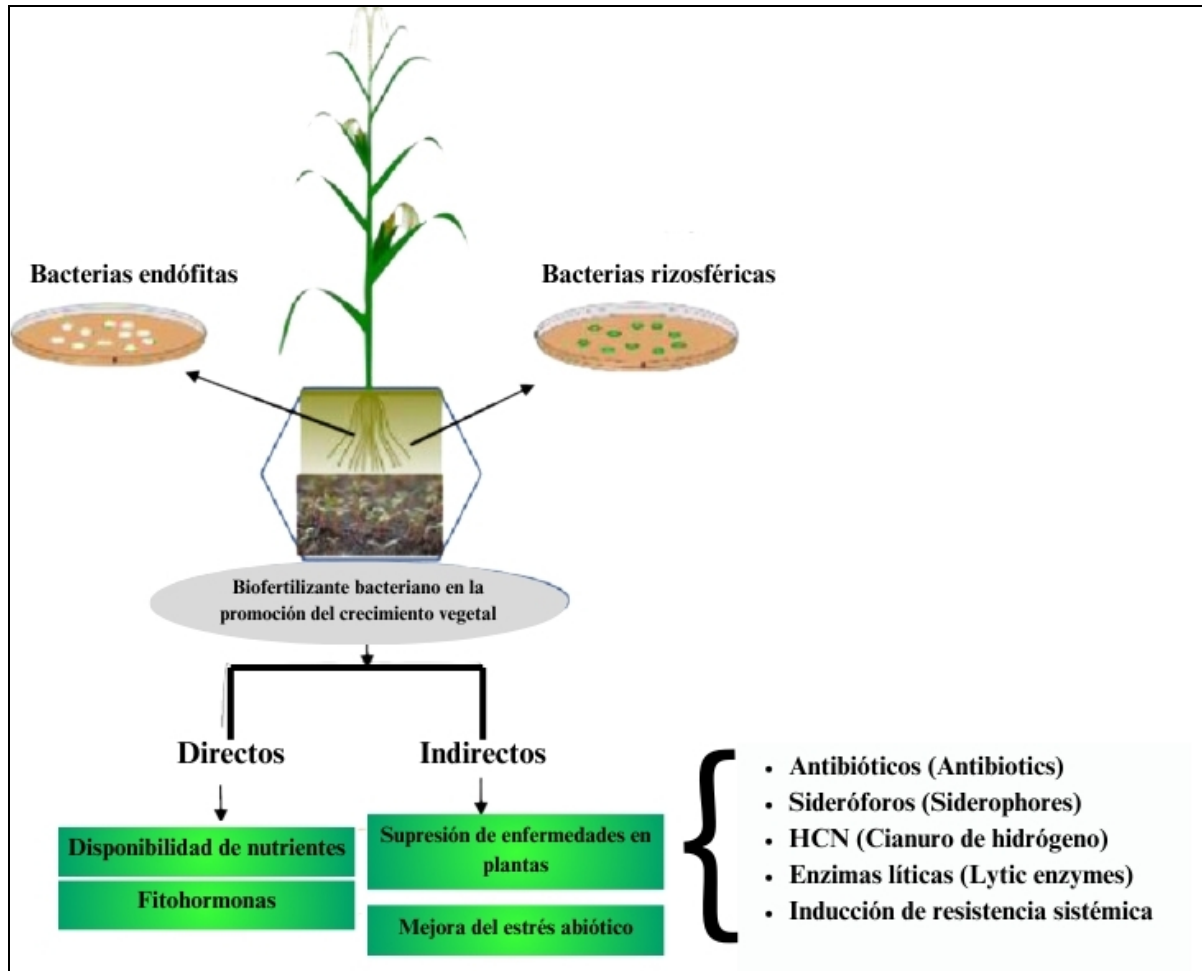
Igualmente, Macik et al. (2020) definen que tipo de fertilizantes biológicos están compuestos por microorganismos vivos como bacterias, hongos o algas, que pueden actuar individualmente o en combinación. Al establecerse en la rizosfera, contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo mediante la fijación de nitrógeno atmosférico y la solubilización de nutrientes, favoreciendo el crecimiento y rendimiento de los cultivos a través de diversos mecanismos biológicos. (p.32)

Asimismo, Allouzi et al. (2022) afirman que los biofertilizantes “contienen microorganismos que aplican beneficios directos o indirectos al crecimiento de la planta a través de diversos mecanismos” (p.12). Esta afirmación puede visualizarse en la figura 1.1,

donde se ilustran los distintos mecanismos mediante los cuales los biofertilizantes contribuyen al crecimiento y desarrollo de las plantas.

**Figura 1.1**

*Mecanismos de acción de los biofertilizantes*



*Nota:* Beneficios directos e indirectos de los biofertilizantes. Fuente: (Kumar et al., 2022)

Según Carpanez et al. (2022) los biofertilizantes desempeñan un papel fundamental en la agricultura sostenible, ya que no solo mejoran la calidad del suelo, sino que también optimizan el crecimiento y desarrollo de las plantas. A continuación, se presentan algunas de sus principales ventajas:

- ✓ contribuye a mejorar la calidad del suelo y optimizar su fertilidad
- ✓ favorece el crecimiento y expansión del sistema radicular
- ✓ facilita la fijación biológica del nitrógeno atmosférico

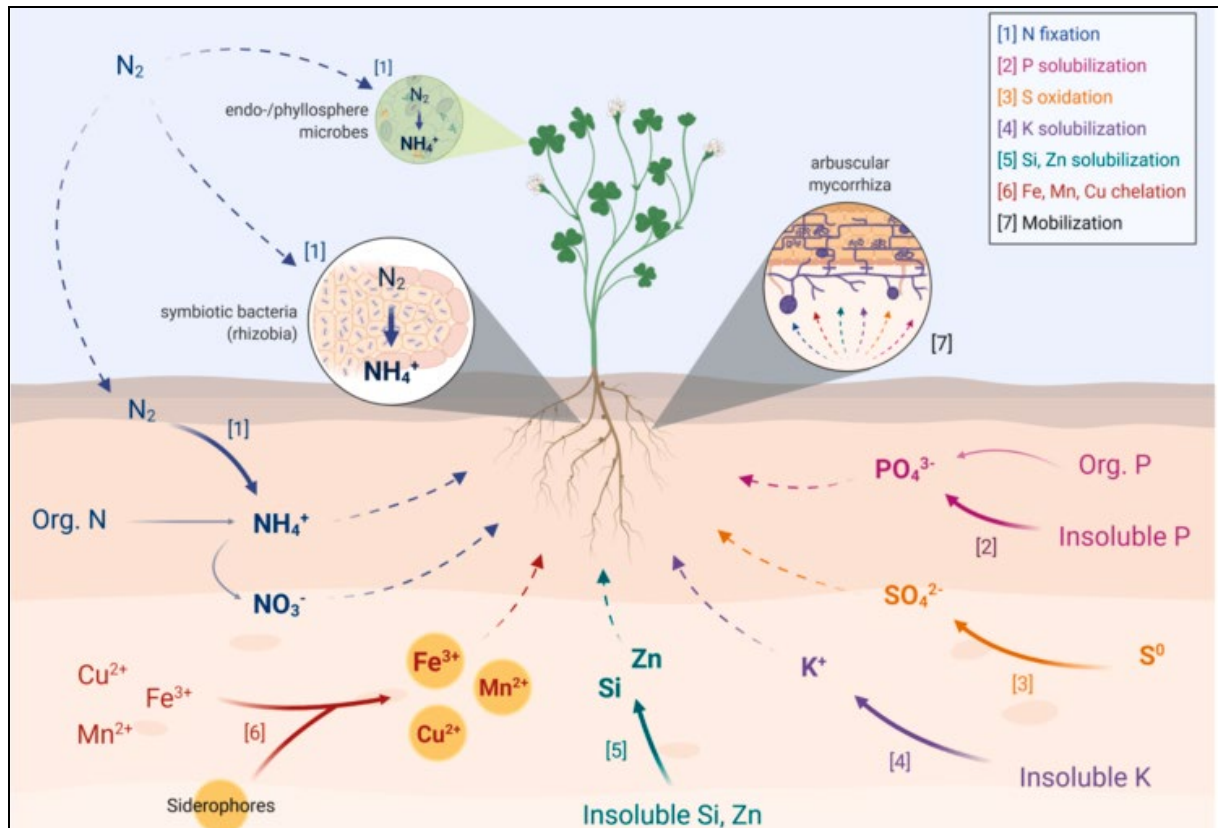
- ✓ los microorganismos involucrados transforman compuestos orgánicos complejos en sustancias más simples y asimilables
- ✓ actúa como una fuente sostenible de nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal.
- ✓ ayuda a las plantas a resistir condiciones de estrés hídrico
- ✓ disminuye la incidencia de enfermedades y plagas que afectan los cultivos
- ✓ potencia la productividad agrícola, mejorando el peso y rendimiento de las cosechas tanto en cultivos protegidos como en campo abierto
- ✓ permite reducir la cantidad de insumos agrícolas necesarios para el cultivo. (p.32)

De manera similar Fasusi et al. (2021) informaron que los biofertilizantes contienen microorganismos beneficiosos que promueven el crecimiento vegetal sin afectar negativamente la salud humana ni el medio ambiente. Su aplicación no solo optimiza la absorción de nutrientes, sino que también favorece el incremento del contenido de clorofila y la activación de enzimas antioxidantes, especialmente en situaciones de estrés. Estudios han demostrado que el uso de biofertilizantes en cultivos como la espinaca y la lechuga mejora significativamente el desarrollo de la planta, incrementa la producción de compuestos fenólicos y potencia la actividad antioxidante. En particular, la inoculación con *Azotobacter chroococcum* y *Piriformospora* ha evidenciado un aumento en el rendimiento, así como en los niveles de antocianinas y carotenoides, lo que refuerza el valor de los biofertilizantes como alternativa sostenible para la agricultura. (p.8)

Según Mitter et al. (2021) el uso de microorganismos en la agricultura contribuye al crecimiento vegetal al mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales en el suelo. Como se observa en la figura 1.2, muchos elementos esenciales no pueden ser directamente absorbidos por las plantas debido a su forma química. Sin embargo, los biofertilizantes facilitan la conversión de estos compuestos en formas asimilables, como el nitrógeno en forma de nitrato o amoníaco, favoreciendo así el desarrollo y rendimiento de los cultivos.

**Figura 1.2**

*Esquema del efecto de los biofertilizantes en la absorción de nutrientes por las plantas*



*Nota:* Principales vías de transformación y adquisición de nutrientes facilitadas por microorganismos en biofertilizantes. Las flechas continuas indican procesos de transformación microbiana, mientras que las discontinuas representan la movilización y movimiento de nutrientes en el suelo. Fuente: (Mitter et al., 2021)

Los biofertilizantes son productos elaborados a base de microorganismos con capacidad de vida activa o en estado latente, cuya función principal es optimizar la absorción de nutrientes y potenciar el crecimiento vegetal en la rizosfera. Su elaboración es un proceso accesible y de bajo costo, lo que los convierte en una alternativa viable para mejorar la productividad agrícola. Estas formulaciones pueden estar compuestas por una única cepa microbiana o por combinaciones de distintas especies, como *Acetobacter*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Rhizobium*, además de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB) y micorrizas arbusculares (AM), las cuales contribuyen significativamente a la salud y desarrollo de las plantas. (Umesha et al., 2018, p.190). Los biofertilizantes se clasifican en distintos grupos (tabla 1.2), los cuales incluyen las siguientes categorías:

**Tabla 1.2***Clasificación general de los biofertilizantes*

	Funciones	Ejemplos
Biofertilizantes	Microorganismos fijadores de nitrógeno	De vida libre: <i>Azotobacter</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Klebsiella</i> . Asociativos: <i>Azospirillum</i> , <i>Acetobacter diazotrophicus</i> . Simbióticos: <i>Rhizobium</i> , <i>Frankia</i> y <i>Anabaena azollae</i> , <i>Trichodesmium</i> .
	Microorganismos solubilizadores/movilizadores de fósforo	<i>Bacillus circulans</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>Pseudomonas striata</i> , <i>B. polymyxa</i> , <i>Arbuscular mycorrhiza</i> , <i>Glomus sp.</i> , <i>Gigaspora sp.</i> , <i>Acaulospora sp.</i>
	Microorganismos solubilizadores de zinc	<i>Mycorrhiza</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i>
	Microorganismos solubilizadores/movilizadores de potasio	<i>Bacillus mucilaginosus</i> , <i>B. circulanscan</i> , <i>B. edaphicus</i> / <i>Bacillus sp.</i> , <i>Aspergillus niger</i>
	Microorganismos oxidantes de azufre	<i>Thiobacillus SP.</i>
	Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal	<i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Erwinia</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Streptomyces</i> , <i>Xanthomonas</i>

*Nota:* Agrupación de biofertilizantes con funciones. Fuente: (Umesha et al., 2018, p. 190)

Este tipo de fertilizantes biológicos pueden formularse en dos presentaciones: líquidas y sólidas. Las formulaciones líquidas contienen cultivos de microorganismos combinados con agua, aceites u otros compuestos que mejoran su adhesión y dispersión, además de ofrecer un proceso de producción eficiente y de bajo costo. Por otro lado, las formulaciones sólidas, también conocidas como formulaciones basadas en portadores, utilizan materiales orgánicos o inorgánicos como soporte y pueden presentarse en forma de polvo o gránulos. (Lee et al., 2016, p.48)

“La aplicación de biofertilizantes depende del tipo de bioformulación. Existen varios métodos de aplicación: inoculación de semillas, inmersión radicular y aplicación al suelo con biofertilizantes secos o líquidos” (Mahanty et al., 2017, p.34)

### **1.3.1. Microorganismos eficientes**

En la década de 1960 surgieron los Microorganismos Eficaces (ME), pero fue en la década de 1970 cuando su estudio tomó mayor relevancia gracias a las investigaciones del profesor Teruo Higa, especialista en horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa. Higa, impulsado por la búsqueda de alternativas sostenibles para la producción agrícola, se enfocó en los ME como una solución innovadora, especialmente tras experimentar personalmente los efectos nocivos de los plaguicidas químicos en sus primeros años de ejercicio profesional. (Quispe & Chávez, 2017, p.35)

Según Hoyos et al. (2008), los ME, conocidos en inglés como Efficient Microorganisms, son formulaciones líquidas compuestas por más de 80 especies microbianas, incluyendo bacterias aeróbicas, anaeróbicas y fotosintéticas. Su característica más relevante es su capacidad de coexistir y formar comunidades microbianas funcionales, lo que les permite optimizar procesos biológicos en diversos entornos. Esta interacción sinérgica contribuye a la regeneración del suelo, la mejora de la fertilidad y el fortalecimiento de los ecosistemas agrícolas. (p. 1371)

Por otro lado, los llamados microorganismos eficientes (EM) están conformados por una mezcla de bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos, hongos fermentadores y bacterias productoras de ácido láctico. Su aplicación en suelos agrícolas favorece el aumento de la diversidad microbiana, lo que mejora su calidad y salud. Esta interacción microbiana promueve un entorno más fértil, optimizando el crecimiento y el rendimiento de los cultivos, convirtiéndolos en una herramienta valiosa para la sostenibilidad agrícola. (Joshi et al., 2019, p.173)

#### **a) Composición de los Microorganismos Eficientes (EM).**

**Bacterias ácido lácticas.** Convierten azúcares y carbohidratos en ácido láctico, aprovechando los compuestos generados por bacterias fotosintéticas y levaduras durante su metabolismo. Este ácido posee propiedades bactericidas, lo que le permite inhibir el desarrollo de microorganismos patógenos como *Fusarium* sp., contribuyendo así a la protección de los cultivos (Tanya & Leiva, 2019, p.34). También contribuyen a la solubilización de cal y fosfato de roca, además de facilitar la descomposición de materia

orgánica y compuestos complejos como lignina y celulosa. Esto evita la acumulación de residuos orgánicos no degradables, mejorando la fertilidad del suelo y optimizando la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Asimismo, el EM producción y tecnología (EMPROTEC, 2011) señala que el ácido láctico actúa como un potente esterilizante natural, suprimiendo microorganismos perjudiciales y facilitando la fermentación de lignina y celulosa, lo que mejora la descomposición de la materia orgánica. Las bacterias ácido-lácticas contribuyen a la reducción de nematodos y limitan la propagación de *Fusarium*, creando un ambiente más saludable para el desarrollo óptimo de los cultivos. (p.48)

***Bacterias fotosintéticas.*** Como *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*, son microorganismos autótrofos facultativos que utilizan energía solar y la energía calórica del suelo como fuente de energía, mientras que obtienen carbono a partir de moléculas orgánicas presentes en los exudados radiculares. Su aplicación en la agricultura ha demostrado ser eficaz en la estimulación del crecimiento vegetal y en la mejora de la calidad de los cultivos, convirtiéndolas en una herramienta clave para la producción sostenible.(Su et al., 2017, p.625)

Asimismo, Faife-Pérez et al. (2018) afirman que estas bacterias producen metabolitos que son absorbidos por las raíces, promoviendo el desarrollo de microorganismos benéficos en el suelo. Utilizan la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía para sintetizar compuestos útiles a partir de secreciones radiculares, materia orgánica, como el ácido sulfhídrico, mejorando así la salud del ecosistema agrícola. (p.78)

***Levaduras.*** Sintetizan sustancias antimicrobianas y bioactivas, esenciales para el crecimiento vegetal, a partir de aminoácidos, azúcares, materia orgánica y exudados radiculares. Además, producen hormonas y enzimas que estimulan la división celular y el desarrollo radicular. Sus secreciones también sirven como sustrato para otros microorganismos benéficos, como bacterias ácido-lácticas y actinomicetos, favoreciendo un entorno microbiano equilibrado en el suelo.(EM Producción y Tecnología [EMPROTEC], 2011, p.50)

*Actinomicetos.* Actúan como antagonistas naturales de diversos hongos y bacterias patógenas, gracias a su capacidad de producir antibióticos con efectos biostáticos y biosidas. La aplicación de Microorganismos Eficientes (EM) en el suelo y las plantas contribuye a mejorar la salud del suelo, fortaleciendo su equilibrio microbiológico y favoreciendo el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos. (Ñaupari, 2015, p.42)

### **b) Impacto de los Microorganismos Eficientes (EM).**

*En el Suelo.* Según, Carbonelli (2020) los Microorganismos Eficientes (EM) desempeñan un papel clave en la mejora del suelo. Su aplicación genera múltiples beneficios, entre los que destacan:

- ✓ Corrector de salinidad: Facilita el intercambio de iones en el suelo y en aguas duras, promoviendo el drenaje y la eliminación de sales tóxicas, como sodio y cloro, que afectan el desarrollo de los cultivos.
- ✓ Desbloqueador de suelos: Favorece la solubilización de minerales, permitiendo que compuestos como la cal y los fosfatos sean más accesibles para las plantas, mejorando la disponibilidad de nutrientes.
- ✓ Acelerador de descomposición orgánica: Promueve la fermentación de residuos orgánicos en procesos como compost, bokashi y vermicompost, optimizando la transformación de materia orgánica en nutrientes aprovechables por los cultivos.
- ✓ Efectos en el suelo: Contribuye a mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo, fortaleciendo su estructura y favoreciendo la supresión de enfermedades, lo que impacta positivamente en la salud del ecosistema agrícola.
- ✓ Mejorador de la estructura del suelo: Reduce la compactación, incrementa la porosidad y mejora la infiltración de agua, permitiendo que el suelo retenga hasta 24 veces más agua de lluvia, disminuyendo la erosión y la frecuencia de riego.
- ✓ Control de patógenos: Limita el desarrollo de microorganismos perjudiciales mediante competencia biológica, a la vez que aumenta la diversidad microbiana, creando un entorno favorable para la proliferación de microorganismos benéficos nativos. (p.75)

*En los semilleros.* Como señala Ñaupari (2015) la inoculación de EM en semilleros ofrece diversos beneficios que optimizan el proceso de germinación y el desarrollo inicial de las plántulas. Entre sus principales efectos se destacan los siguientes:

- ✓ Estimulación de la germinación: Los EM aceleran la velocidad y porcentaje de germinación, presenta una acción hormonal comparable a la del ácido giberélico, favoreciendo un desarrollo más uniforme y vigoroso de las semillas.
- ✓ Mejora del crecimiento inicial: Promueven un mayor vigor y desarrollo del tallo y las raíces desde la germinación hasta la emergencia, funcionando como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y mejorando la absorción de nutrientes.
- ✓ Mayor supervivencia de plántulas: Aumentan las probabilidades de supervivencia al fortalecer la resistencia de las plántulas en sus primeras etapas, asegurando un mejor establecimiento en el campo y reduciendo el riesgo de pérdidas. (p.65)

***En las plantas.*** Asimismo, Chávez (2012) señala que la inoculación de EM también influye positivamente en el crecimiento y defensa natural de las plantas. Entre sus principales beneficios destacan los siguientes:

- ✓ Defensa contra plagas y enfermedades: Los EM inducen la resistencia sistémica de las plantas, fortaleciendo su capacidad de defensa contra insectos y enfermedades, reduciendo la necesidad de agroquímicos.
- ✓ Prevención de patógenos: Al consumir los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitan la propagación de microorganismos dañinos, reduciendo la incidencia de enfermedades en los cultivos.
- ✓ Mejora del rendimiento: Favorecen el crecimiento, calidad y productividad de las plantas, optimizando su desarrollo desde la germinación hasta la cosecha.
- ✓ Estimulación del ciclo reproductivo: Gracias a sus efectos hormonales en los tejidos meristemáticos, promueven la floración, fructificación y maduración, asegurando una mayor eficiencia en la producción.
- ✓ Aumento de la fotosíntesis: Mejoran la capacidad fotosintética de las plantas mediante un mayor desarrollo foliar, lo que se traduce en una mejor absorción de luz y un incremento en la producción de biomasa. (p.21)

### ***1.3.2. Hongos micorrízicos arbusculares***

El término micorriza fue introducido en 1885 por el botánico alemán Albert Bernard Frank, combinando las palabras griegas *mykos* (hongo) y latinas *rhiza* (raíz). Este concepto describe la relación simbiótica mutualista entre el micelio de un hongo y las raíces de una

planta terrestre, una interacción clave para la absorción de nutrientes y el desarrollo vegetal. (Camarena-Gutiérrez, 2012, p.14)

Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) son microorganismos beneficiosos presentes en diversos ecosistemas, capaces de establecer simbiosis con la mayoría de las plantas terrestres. Esta relación mutualista, presente en 11 familias, 25 géneros y cerca de 250 especies, facilita el intercambio de nutrientes esenciales, mejora la resistencia de las plantas al estrés y contribuye a la sostenibilidad del ecosistema, promoviendo un desarrollo óptimo de las especies vegetales hospedantes.(Shahrajabian et al., 2021, p.79)

De igual manera Jiang et al. (2017) sostiene que los HMA, pertenecientes al filo *Glomeromycota*, establecen relaciones simbióticas con más del 80% de las plantas terrestres. A través de esta interacción, los HMA obtienen compuestos fotosintéticos y lípidos de las plantas, mientras que, a cambio, facilitan la absorción de nutrientes minerales esenciales, especialmente fósforo (P), capturado del suelo. (p.10)

Asimismo, Gao et al. (2020) señalan que los HMA establecen simbiosis con las raíces de las plantas, favoreciendo su adaptabilidad y mejorando la absorción de nutrientes esenciales como fósforo (P), nitrógeno (N) y zinc. Esta asociación incrementa significativamente la superficie radicular, ampliando su capacidad de absorción hasta cien veces, lo que optimiza la nutrición y el desarrollo de las plantas hospedantes. (p.2)

También es importante señalar que los hongos micorrícicos arbusculares pertenecen a siete géneros principales: *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Archaeospora*, *Glomus*, *Paraglomus*, *Gigaspora* y *Scutellospora*, diferenciados por las características de sus esporas. Estos hongos son completamente dependientes de sus plantas huésped, ya que no pueden cultivarse de manera independiente y obtienen su carbono y energía a partir de ellas. A pesar de su presencia en las raíces, no generan signos visibles de infección en la planta, lo que facilita su asociación simbiótica sin afectar su apariencia externa.(Cabrera, 2017, p.5)

Por otro lado, Dhalaria et al. (2020) afirman que “la aplicación de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) es una de las técnicas de biorremediación más significativas, respetuosas con el medio ambiente y económicamente ventajosas para gestionar el estrés abiótico en el suelo y las plantas” (p.2)

#### **a) Morfología y componentes de los HMA.**

**Esporas.** constituyen el principal mecanismo de preservación de los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en su ambiente natural. Aunque su ciclo vital también puede comenzar a partir de propágulos como tramas de micelio o fragmentos de raíces colonizadas, las esporas presentan una resistencia superior frente a factores ambientales desfavorables. Además, pueden permanecer en estado de reposo gracias al engrosamiento de su pared celular, garantizando su viabilidad hasta que las condiciones sean favorables para su desarrollo. (Ordoñez, 2009, p.45)

**Hifas.** Existen dos clases de redes miceliales: una externa y otra interna. La red externa se forma a lo largo de la raíz del huésped, creando zonas de penetración y expandiéndose tridimensionalmente en la rizósfera. En cambio, la hifa interna ingresa a los tejidos corticales de la raíz mediante un apresorio, generando transformaciones en las células epidérmicas, como el aumento del núcleo y el citoplasma. Dentro de la raíz, se desarrolla una vaina delgada separada por una nueva plasmalema producida por el huésped. En las cercanías de los extremos apicales se forman los arbusculos, sin que las hifas penetren la endodermis, los tejidos conductores, los meristemas ni otras estructuras especializadas. (Carrillo-Saucedo et al., 2022, p.4)

**Arbusculos.** Son ramificaciones hifales transformadas que constituyen el elemento esencial en la asociación micorrícica arbuscular, ya que optimizan la absorción de nutrientes por parte de la planta y participan en el control biológico de patógenos del suelo. Su ciclo de vida es corto, con una duración de entre 4 y 10 días, tras lo cual se deterioran y son absorbidos por la célula del huésped, que después recupera su estado habitual. (Guadalupe, 2021, p.27)

**Vesículas.** Son estructuras de almacenamiento en los hongos micorrícicos arbusculares. Su forma varía según la especie y se originan por la expansión en el extremo final de las hifas. Estas formaciones, de paredes finas, acumulan grasas y actúan como órganos de reserva del micelio, lo que les permite resistir condiciones adversas como la escasez de carbohidratos. (Ordoñez, 2009, p.48)

**b) Clasificación de micorrizas según su estructura.**

***Ectomicorrizas.*** Son organismos macroscópicos que establecen simbiosis con las raíces de las plantas y pertenecen principalmente a los Phyla Ascomycota, Basidiomycota y, en menor medida, a Mucoromycota. Además de su función simbiótica, tienen la capacidad de degradar materia orgánica para obtener carbono, aunque con menor eficiencia que los hongos saprótrofos. Una de sus estructuras más distintivas es la red de Hartig, la cual facilita el intercambio de nutrientes entre las células del hongo y la planta, permitiendo una mejor absorción de minerales esenciales.(Brundrett et al., 2018, p.45)

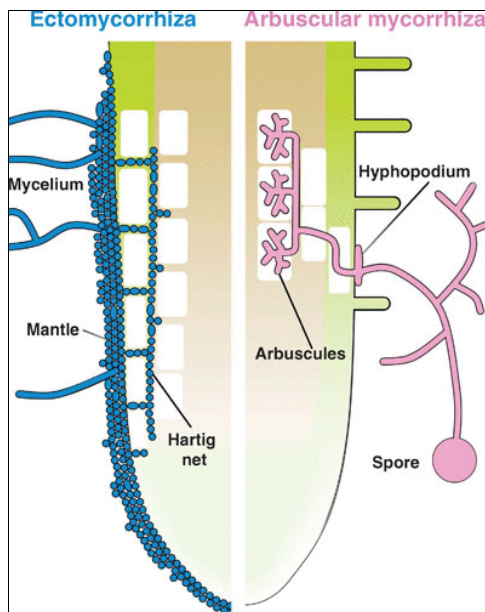
***Endomicorrizas.*** son asociaciones simbióticas en las que el micelio del hongo penetra tanto dentro como entre las células corticales de las raíces. Un ejemplo representativo son los hongos micorrícicos arbusculares del Phylum Glomeromycota, considerados la forma de simbiosis hongo-raíz más extendida en la naturaleza. Estos hongos no desarrollan una red de Hartig, sino que colonizan la corteza de la raíz mediante arbusculos, estructuras especializadas encargadas del intercambio de nutrientes con la planta hospedante. Además, algunas especies producen vesículas ricas en lípidos, las cuales funcionan como órganos de reserva y reproducción asexual, almacenando nutrientes esenciales para la supervivencia del hongo en condiciones adversas. (Smith & Read, 2010, p.15)

***Ectoendomicorrizas.*** Los hongos que establecen esta simbiosis colonizan las raíces mediante una doble estrategia: externamente forman un manto cortical, mientras que internamente penetran el córtex de manera intracelular. Dentro de este tejido, desarrollan estructuras en espiral conocidas como coil, las cuales favorecen la interacción con las células de la planta y facilitan el intercambio de nutrientes. Esta combinación de colonización interna y externa permite una mayor eficiencia en la absorción de recursos esenciales para el crecimiento vegetal. (Carrillo-Saucedo et al., 2022, p.10)

A continuación, se muestra cómo estas micorrizas interactúan con las raíces según su estructura.

**Figura 1.3**

*Formas de colonización micorrízica*



*Nota:* Estructuras de colonización de ectomicorrizas (azul) y micorrizas arbusculares (rosa). Fuente: (Lanfranco et al., 2016)

### **c) Proceso de colonización.**

La colonización micorrízica de las plantas comienza con la germinación de esporas de resistencia o el crecimiento de hifas a partir de propágulos cercanos al sistema radical. Este proceso se ve favorecido por condiciones óptimas de temperatura y humedad, así como por exudados radiculares que proporcionan sustratos adecuados para el desarrollo del micelio. Aunque las hifas crecen en presencia de raíces, no muestran una orientación definida hacia ellas hasta que se encuentran a pocos milímetros de distancia. Una vez en contacto con la célula epidérmica o un pelo radical, forman un apresorio engrosado, desde el cual emergen ramificaciones infectivas. La penetración ocurre mediante la presión ejercida por la hifa en crecimiento sobre la pared celular, volviéndose más delgada al ingresar a las células corticales. Se ha sugerido que la actividad hidrolítica del hongo facilita este proceso, posiblemente mediante la producción de enzimas como pectinasas, aunque este mecanismo aún no está completamente esclarecido. (Smith & Read, 2010, p.41)

Tras la penetración inicial en la raíz a través de las células epidérmicas, la hifa se propaga intercelularmente a lo largo de la corteza, alcanzando la segunda capa de células corticales. Posteriormente, la colonización se vuelve intracelular cuando la hifa degrada la

pared celular e invagina la membrana plasmática. En este proceso, la hifa se ramifica y forma una estructura similar a un arbusto, denominada arbusculo. El arbusculo es fundamental en la simbiosis micorrízica, ya que actúa como el principal sitio de intercambio de nutrientes entre la planta y el hongo, optimizando la absorción de minerales y fortaleciendo la relación simbiótica.(Brundrett et al., 2018, p.21)

La vida útil de un arbusculo es breve, oscilando entre dos y quince días antes de colapsar. Durante su degradación, permanece rodeado por la plasmalema de la célula vegetal y es encapsulado con material proveniente del hospedero. Este proceso de renovación constante favorece a la planta, ya que los arbusculos en descomposición liberan su contenido de nutrientes, facilitando su distribución a través del sistema radicular y beneficiando el crecimiento y desarrollo del organismo vegetal.(Dhalaria et al., 2020, p.10)

#### **d) Principales beneficios de la colonización de HMA.**

De acuerdo con Guadalupe (2021) la colonización de las micorrizas arbusculares en las raíces de las plantas genera múltiples beneficios en el desarrollo vegetal y en la optimización de los recursos del ecosistema, destacándose los siguientes:

- ✓ favorecen el desarrollo y crecimiento vegetal al optimizar la captación de nutrientes esenciales del suelo
- ✓ contribuyen al reciclaje eficiente de nutrientes, mejorando la fertilidad del suelo
- ✓ potencian la actividad de microorganismos beneficiosos como Rhizobium, Azospirillum y Azotobacter, facilitando la absorción de minerales
- ✓ refuerzan la resistencia vegetal contra enfermedades, reduciendo la necesidad de agroquímicos
- ✓ aumentan la tolerancia de las plantas frente a patógenos, fortaleciendo su sistema de defensa natural
- ✓ mejoran la adaptación a suelos con alta salinidad, favoreciendo el crecimiento en ambientes adversos
- ✓ contribuyen a mejorar la estructura (disminuye la erosión) y estabilidad del suelo mediante la formación de agregados, gracias a la acción de la glomalina secretada por las hifas y filamentos de los hongos micorrícicos.
- ✓ incrementan la fotosíntesis, la regulación osmótica y la transpiración, optimizando la actividad fisiológica de la planta

- ✓ estimulan el desarrollo de la biomasa aérea y radicular, promoviendo un mayor rendimiento vegetal. (p.31)

### **1.3.3. Ácidos húmicos**

El estudio pionero sobre el origen y la composición química de los ácidos húmicos (AH) fue realizado por Sprengel en 1839, siendo hasta la actualidad una referencia fundamental. Ese mismo año, Berzelius contribuyó significativamente al conocimiento de estos compuestos al aislar dos tipos de AH de tonalidad amarilla a partir de agua mineral y barro limoso con alto contenido de óxidos férricos. (Baca, 2015, p.22)

Según, Chianese et al. (2020) los ácidos húmicos son componentes esenciales del humus y derivados de la leonardita, son mezclas complejas de pequeñas moléculas formadas a partir de la transformación bioquímica de materia orgánica. Estas moléculas se organizan en estructuras supramoleculares mediante enlaces de hidrógeno, desempeñando un papel clave en la estabilidad y fertilidad del suelo. (p.3)

De la misma forma Macedo (2019) menciona que los compuestos húmicos poseen una alta concentración biológica y no solo incrementan la población microbiana mediante la incorporación de diversas especies, sino que también estimulan el crecimiento de la flora autóctona del suelo. Además, desempeñan un papel clave en la degradación de residuos de pesticidas, favoreciendo su biodegradación y minimizando los efectos negativos tanto en los cultivos como en los consumidores de los productos agrícolas. (p.23)

La incorporación de compuestos húmicos favorece el desarrollo de las plantas al mejorar la absorción de nutrientes y optimizar diversas funciones fisiológicas, entre las cuales se destacan las siguientes:

- ✓ Actúan como quelatantes, facilitando la absorción de nutrientes esenciales.
- ✓ Regulan el pH del medio de crecimiento, optimizando la disponibilidad de nutrientes.
- ✓ Aumentan la permeabilidad de la membrana celular, favoreciendo el transporte de nutrientes.
- ✓ Mejoran la actividad y transcripción de enzimas involucradas en la asimilación de nitrógeno.

- ✓ Inducen transportadores de fósforo de alta afinidad, mejorando su absorción en las raíces.
- ✓ Estimulan el crecimiento del sistema radicular, fortaleciendo la estructura y desarrollo de la planta.
- ✓ Mejora las condiciones físicas del suelo y optimiza la asimilación de nutrientes por las plantas, favoreciendo su desarrollo y crecimiento. (García-Santiago et al., 2023, p.2)

#### **1.4. Cobertura vegetal**

Es una técnica que consiste en cubrir la superficie del suelo con materiales orgánicos como paja, hojas y compost para conservar la humedad y mejorar sus propiedades físicas y químicas, lo que favorece la fertilidad y optimiza el rendimiento y la calidad de los cultivos.(Zhang, 2022, p.2)

De la misma forma, Khan et al. (2022) señalan que el acolchado de paja es una estrategia sostenible que mejora la eficiencia agrícola al reincorporar la paja al suelo mediante diferentes métodos como el acolchado entero, el arado profundo y el acolchado mixto roto. Su aplicación contribuye al aumento del carbono orgánico y nutrientes en la capa superficial, promueve una mayor estabilidad en la estructura del suelo, regula la temperatura y optimiza las condiciones para el crecimiento de los cultivos. (p.5)

Según (Plan Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos y Aguas (PRONAMACHS, 2014), la cobertura vegetal tiene las siguientes funciones:

- ✓ proteger el suelo frente al impacto de las gotas de lluvia y reducir la velocidad de la escorrentía, logrando así una disminución significativa de la erosión del suelo, que podría llegar a reducir las pérdidas hasta en un 50%
- ✓ estabilizar las variaciones de temperatura del suelo, evitando que se caliente excesivamente durante el día y que se enfríe demasiado durante la noche
- ✓ actuar como moderador térmico, lo que fomenta el desarrollo de microorganismos, favoreciendo la biodiversidad del suelo
- ✓ resguardar el suelo de la exposición directa al sol, disminuyendo la evaporación y conservando la humedad necesaria

- ✓ reducir el riesgo de sequías mediante la mejora de la infiltración del agua y la retención eficiente de la humedad en el suelo.

De la misma forma, Khan et al. (2022) menciona que el acolchado aporta múltiples beneficios al suelo y a los cultivos, contribuyendo a mejorar sus propiedades y optimizar el rendimiento agrícola de la siguiente manera:

- ✓ mejora la calidad del suelo al aumentar el contenido de carbono orgánico y nutrientes en la capa superior fortaleciendo su fertilidad
- ✓ optimiza la estructura del suelo al favorecer la estabilidad de los agregados mejorando su resistencia a la erosión
- ✓ regula la temperatura del suelo reduciendo la temperatura máxima y manteniendo un equilibrio térmico adecuado
- ✓ incrementa la eficiencia hídrica al disminuir la evaporación del agua del suelo y mejorar la retención de humedad
- ✓ aumenta la productividad agrícola al mejorar el rendimiento de los cultivos y la eficiencia del uso del agua
- ✓ favorece la actividad microbiana al incrementar la biomasa microbiana y las actividades enzimáticas del suelo
- ✓ beneficia la fotosíntesis al permitir un mayor desarrollo foliar prolongando la actividad fotosintética y favoreciendo la acumulación de nutrientes
- ✓ incrementar la resistencia del suelo frente a condiciones de sequía y fenómenos de erosión hídrica y eólica
- ✓ mejorar el control de malezas mediante procesos de alelopatía, barreras físicas creadas por residuos vegetales o el uso de cultivos de cobertura y abonos verdes. (p.4)

## **CAPÍTULO II METODOLOGÍA**

### **2.1. Lugar del experimento**

La presente investigación se llevó a cabo bajo condiciones de campo en el Centro Experimental Canaán, perteneciente a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. Este centro experimental se encuentra a una altitud de 2750 msnm., dentro de la región quechua, caracterizada por condiciones agroclimáticas propicias para la investigación agrícola. Su ubicación geográfica, con coordenadas aproximadas de 13°9'20.85"S de latitud y 74°13'12.72"O de longitud, proporciona un entorno adecuado para el desarrollo y evaluación de cultivos en condiciones reales de campo (fig. 2.1).

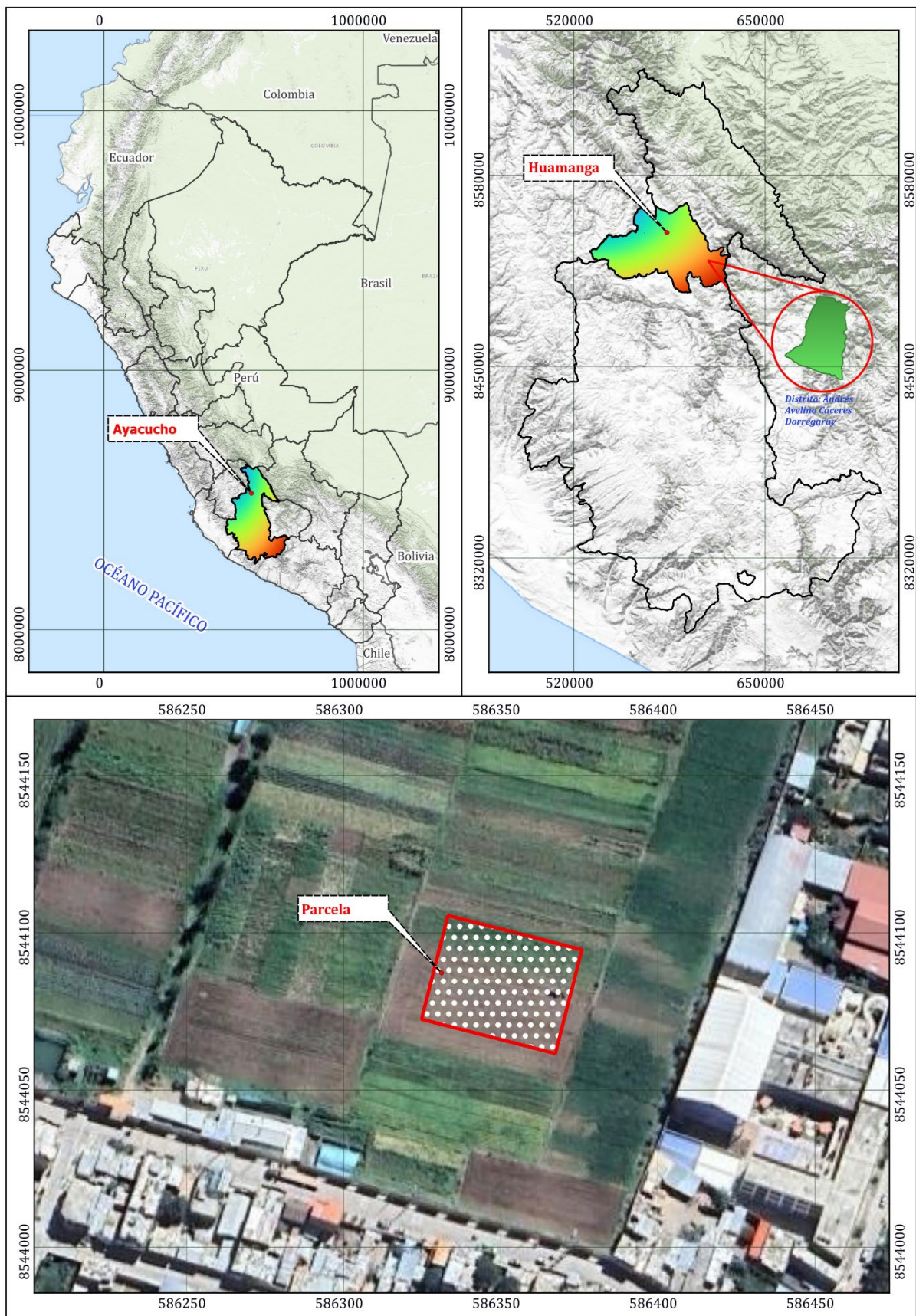
De acuerdo con la clasificación de zonas de vida propuesta por Holdridge, el Centro Experimental Canaán se encuentra dentro del rango correspondiente a estepa espinosa - Montano Bajo Subtropical (ee-MBS). Esta categoría abarca altitudes que oscilan entre los 2000 y 3100 msnm., caracterizándose por condiciones climáticas particulares que influyen en la dinámica del ecosistema y en el desarrollo de las especies vegetales presentes en la zona.

### **2.2. Registro de cultivos previos en el área experimental**

En la campaña agrícola 2024, antes de la instalación del trabajo de investigación, se sembraron hortalizas de lechuga y col en la parcela destinada para el experimento. Según el encargado del campo experimental, esta área es comúnmente utilizada para la producción de hortalizas, debido a sus condiciones agroecológicas favorables.

**Figura 2.1**

*Mapa referencial de la zona de investigación*



### 2.3. Análisis de las características fisicoquímicas del suelo

Se realizó el muestreo de suelo recolectando aproximadamente 1 kilogramo de una muestra compuesta, representativa del área experimental. Esta muestra fue obtenida de manera que refleje adecuadamente las condiciones edáficas del sitio donde se desarrolló la investigación. Los resultados reportados por el laboratorio de suelo del análisis físico-químico se presentan en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1.**

*Caracterización físico-química del suelo en el área experimental de Canaán. Ayacucho, 2024*

<b>Componente</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Método</b>
Arena	%	43.2	-	
Limo	%	26.7	-	Bouyoucos
Arcilla	%	30.1	-	
Clase Textural	-	Fr-Ar	Franco arcilloso	Triángulo textural USDA
pH	-	7.69	Ligeramente alcalino	Potenciómetro
C.E.	dS/m	1.63	Ligeramente salino	Conductímetro
CaCO <sub>3</sub>	%	1	Baja	Volumétrica
M.O.	%	1.86	Bajo	Walkley-Black
N-total	%	0.09	Bajo	Kjeldahl
P disponible	ppm	5.2	Bajo	Olsen
K disponible	ppm	202.4	Muy Alto	Saturación con acetato
C.I.C.	Cmol(+)/kg	21.3	Media	Extr. acetato de amonio

*Nota.* Laboratorio de Suelos del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería, Facultad de Ciencias Agrarias - UNSCH.

El suelo del área experimental presentó una textura franco arcillosa, lo que garantiza buena retención de humedad y adecuada aireación para el desarrollo radicular. El pH de 7.69 fue ligeramente alcalino, pero dentro del rango aceptable para el cultivo de maíz, mientras que la conductividad eléctrica de 1.63 dS/m evidenció una ligera salinidad que no representa riesgo productivo.

En cuanto a la fertilidad química, el contenido de materia orgánica (1.86%) y nitrógeno total (0.09%) fueron bajos, lo que refleja la necesidad de suplementación con enmiendas y fertilización. De manera similar, el fósforo disponible (5.2 ppm) resultó

deficiente y podría limitar el crecimiento inicial de las plantas. Por el contrario, el potasio disponible alcanzó un nivel muy alto (202.4 ppm), constituyendo una ventaja para el llenado de mazorcas y la tolerancia a estrés hídrico. Finalmente, la capacidad de intercambio catiónico (21.3 Cmol(+)/kg) fue media, lo que indica un suelo con moderada capacidad de retener y suministrar nutrientes esenciales.

#### 2.4. Condiciones climáticas del sitio experimental

Los datos climatológicos fueron obtenidos de la estación meteorológica del INIA-Canaán Ayacucho. En la tabla 2.2 se presenta la temperatura promedio máxima, media y mínima y balance hídrico de julio 2024 a junio 2025, donde la temperatura máxima, media y mínima fue de 27.29, 17.76 y 8.23 °C, respectivamente; la humedad relativa promedio registrada fue de 67.35 % y la precipitación total anual alcanzó los 757.40 mm. Durante el periodo de manejo del cultivo de maíz morado (diciembre de 2024 a mayo de 2025), se registró un exceso de precipitación, con excepción de la precipitación del mes de mayo, en el cual se observó un ligero déficit hídrico.

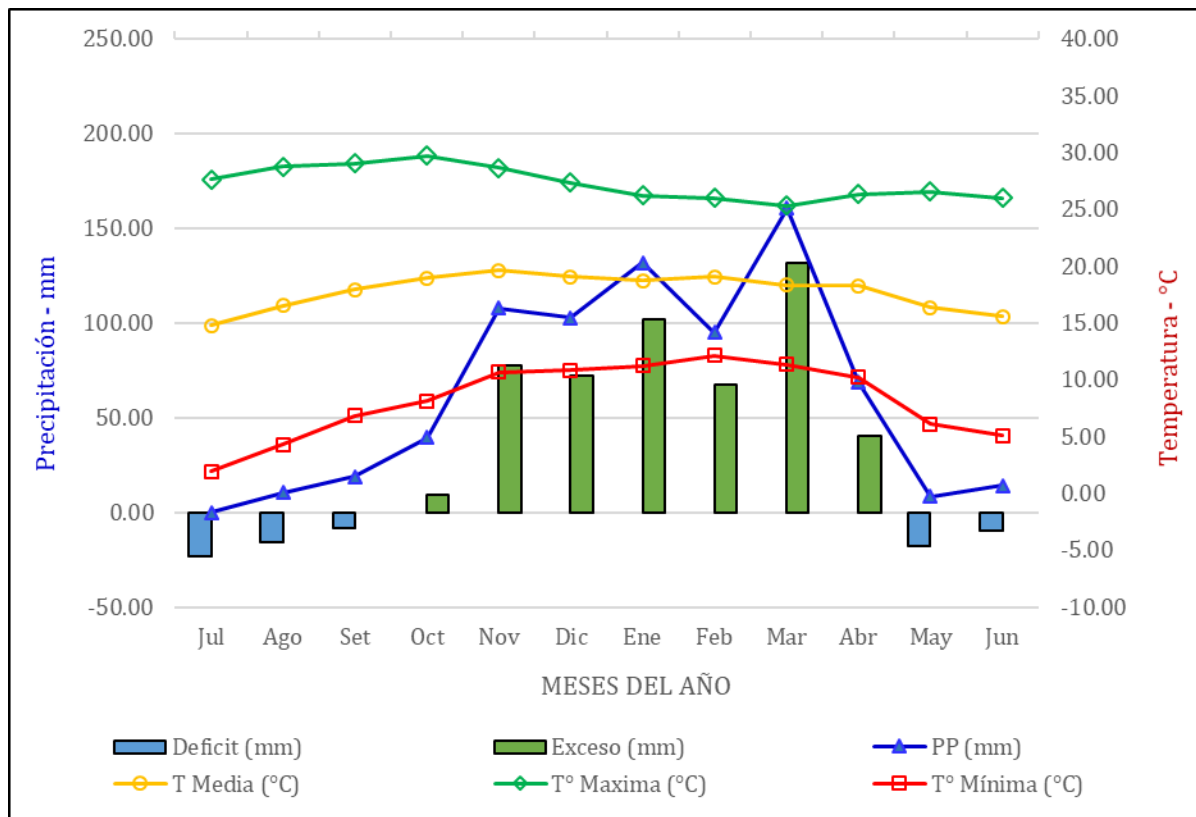
**Tabla 2.2**

*Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico de julio 2024 a junio 2025, registrado en la estación meteorológica INIA-Canaán.*

ESTACIÓN METEREOLÓGICA INIA-CANAÁN														
Departamento : Ayacucho								Latitud : 13° 10' 00.06" S						
Provincia : Huamanga								Longitud : 74° 12' 29.7" W						
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray								Altitud : 2735 msnm.						
Año	Balance hídrico 2024 - 2025												Total	Promedio
Meses	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun		
T° Máxima (°C)	27.64	28.76	29.00	29.72	28.64	27.33	26.21	25.99	25.32	26.32	26.55	25.98		27.29
T° Mínima (°C)	1.92	4.28	6.80	8.13	10.65	10.82	11.25	12.15	11.32	10.23	6.12	5.09		8.23
T Media (°C)	14.78	16.52	17.90	18.92	19.64	19.07	18.73	19.07	18.32	18.28	16.34	15.54		17.76
Humedad R.	58.85	57.81	57.55	59.55	66.30	68.98	71.99	74.71	79.39	74.91	69.26	68.94		67.35
Factor	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80		
ETP	73.29	81.96	85.93	93.85	94.28	94.60	92.91	85.44	90.88	87.72	81.03	74.57	1036.4	
PP (mm)	0.00	10.50	18.80	39.50	107.90	102.70	131.90	94.80	160.40	68.70	8.20	14.00	757.40	
ETP Aju (mm)	23.45	26.23	27.50	30.03	30.17	30.27	29.73	27.34	29.08	28.07	25.93	23.86		
Déficit (mm)	-23.45	-15.73	-8.70								-17.73	-9.86		
Exceso (mm)				9.47	77.73	72.43	102.17	67.46	131.32	40.63				

**Figura 2.2**

*Climatograma de la campaña agrícola julio 2024 a junio 2025, registrado en la estación meteorológica INIA-Canaán*



## 2.5. Material vegetal

El material vegetal utilizado en este estudio es el maíz morado de la variedad INIA 615 Negro Canaán, que es adaptado a las condiciones agroecológicas de la sierra peruana. Se caracteriza por su alto contenido de antocianinas, su resistencia a climas de altura y su potencial productivo en suelos andinos.

Las principales características morfológicas de la variedad se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 2.3***Rasgos morfológicos del maíz morado variedad INIA 615*

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Altura de planta	: 198 - 258 cm
Altura de mazorca	: 107 - 143 cm
Forma de mazorca	: Cilíndrica
Tonalidad de grano	: Negro
Tonalidad de tusa	: Morado oscuro
Número de hileras	: 10 a 12
Número de granos por hilera	: 30 a 34
Categoría de grano	: Amiláceo
Peso promedio de 1000 granos	: 569 g
Tonalidad de hoja	: Verde oscuro
Tonalidad de tallo	: Verde claro con ligeros jaspeados púrpura
Tonalidad de estigmas	: Amarillo
Tonalidad de panoja	: Púrpura claro

*Nota.* Descripción morfológica de maíz morado. (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2022)

## **2.6. Materiales y equipos**

Para la ejecución del estudio, se emplearon diversos materiales y herramientas proporcionados por el almacén del centro experimental Canaán. Entre ellos se incluyeron implementos agrícolas como pico, barreta, azadón, rastrillos y lampas, utilizados en la preparación del suelo y manejo del cultivo. Asimismo, se utilizaron estacas de madera, rafia y flexómetro para la delimitación de las parcelas experimentales. Para la toma de datos y registros de campo, se contó con lápiz, lapicero, regla, celular y anotes, entre otros insumos necesarios para el desarrollo de la investigación.

## 2.7. Método procedimental

### 2.7.1 Factores de estudio

#### a) Biofertilizantes (B)

- b0 : Sin biofertilizante
- b1 : Microorganismos eficientes 2 L ha<sup>-1</sup>
- b2 : Hongos micorrícicos arbusculares 20 kg ha<sup>-1</sup>
- b3 : Acidos húmicos 2 L ha<sup>-1</sup>

#### b) Cobertura vegetal (C)

- c0 : Sin cobertura
- c1 : Cobertura de arveja
- c2 : Cobertura de trigo

### 2.7.2 Diseño experimental

Se distribuyeron con el sistema de parcelas divididas bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCR) con 12 tratamientos, tres repeticiones, y 36 unidades experimentales. En este diseño, el factor C (cobertura vegetal) se asignó a las parcelas y el factor B (biofertilizantes) a las subparcelas.

Para evaluar las diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó ANDEVA con un nivel de significación de  $\alpha = 0.05$ , seguido de pruebas de Tukey al 0.05% utilizando el software Infostat.

Se empleó un modelo estadístico lineal aditivo para el análisis de datos, definido como:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + (\alpha\beta)_{ik} + \delta_j + (\beta\delta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$ : Variable de respuesta

$\mu$ : es la media general

$\beta_k$ : es el efecto del k-ésimo bloque

$\alpha_j$ : es el efecto del j-ésimo del factor asignado a las parcelas (cobertura vegetal)

$(\alpha\beta)_{jk}$ : es el error asociado a las parcelas (cobertura vegetal)

$\delta_j$ : es el efecto del j-ésimo del factor asignado a las subparcelas (biofertilizantes)

$(\beta\delta)_{ij}$ : es la interacción entre los factores cobertura vegetal y biofertilizantes

$\varepsilon_{ijk}$ : es el error asociado a las subparcelas (biofertilizantes)

### 2.7.3 *Tratamientos empleados*

En la tabla siguiente, se resumen los doce tratamientos aplicados en el estudio, diseñados para evaluar sus efectos en las variables de interés.

**Tabla 2.4**

*Código y descripción de los tratamientos*

<b>Trat.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Código</b>
T1	Sin cobertura y sin biofertilizante	c0*b0
T2	Sin cobertura y microorganismos eficientes 2 L ha <sup>-1</sup>	c0*b1
T3	Sin cobertura y hongos micorrícicos arbusculares 20 kg ha <sup>-1</sup>	c0*b2
T4	Sin cobertura y ácidos húmicos 2 L ha <sup>-1</sup>	c0*b3
T5	Cobertura de arveja y sin biofertilizante	c1*b0
T6	Cobertura de arveja y microorganismos eficientes 2 L ha <sup>-1</sup>	c1*b1
T7	Cobertura de arveja y hongos micorrícicos arbusculares 20 kg ha <sup>-1</sup>	c1*b2
T8	Cobertura de arveja y ácidos húmicos 2 L ha <sup>-1</sup>	c1*b3
T9	Cobertura de trigo y sin biofertilizante	c2*b0
T10	Cobertura de trigo y microorganismos eficientes 2 L ha <sup>-1</sup>	c2*b1
T11	Cobertura de trigo y hongos micorrícicos arbusculares 20 kg ha <sup>-1</sup>	c2*b2
T12	Cobertura de trigo y 20 kg ha <sup>-1</sup> ácidos húmicos 20 kg ha <sup>-1</sup>	c2*b3

### 2.7.4 Características del campo experimental

La unidad experimental tuvo una longitud de 4 metros y un ancho de 3.2 metros con un diseño de cuatro surcos donde se establecieron 80 plantas de maíz que fueron distribuidas de manera uniforme a lo largo de cada surco, cuyos detalles se presentan gráficamente en la figura 2.3 y en la figura 2.4.

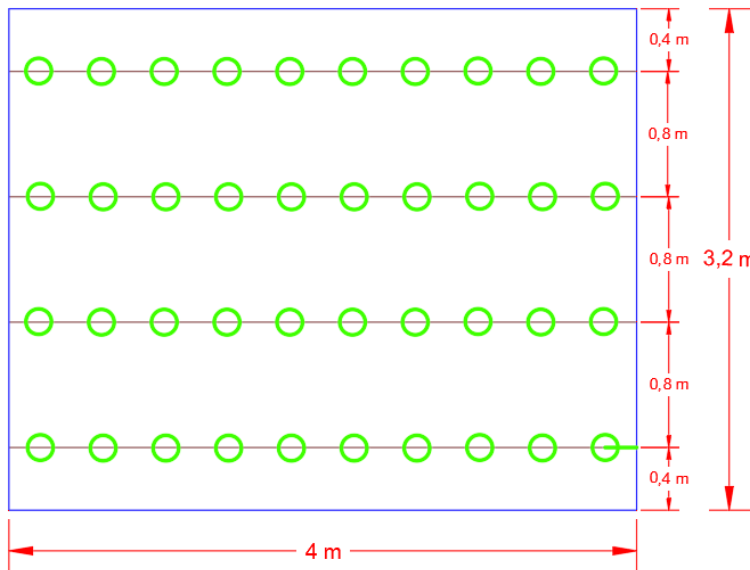
**Tabla 2.5**

*Descripción de las dimensiones y componentes del campo experimental*

Componentes	Parámetros	Unidades	Valor
Subparcelas	Ancho de subparcela	m	3.2
	Largo de subparcela	m	4
	Área de cada sub parcela	m <sup>2</sup>	12.8
	Cantidad de subparcelas/bloque	Nº	12
	Distancia de plantas entre surcos	m	0.80
	Distancia entre plantas	m	0.40
	Cantidad de semillas/golpe	Nº	2
	Cantidad de surcos por subparcela	Nº	4
Parcelas	Ancho de parcela	m	3.2
	Largo de parcela	m	16
	Área de cada parcela	m <sup>2</sup>	51.2
	Cantidad de parcelas por bloque	Nº	3
Calles	Ancho de calle	m	1
	Largo de calle	m	48
	Cantidad de calles	Nº	2
	Área de cada calle	m <sup>2</sup>	48
Bloques	Ancho del bloque	m	48
	Largo del bloque	m	3.2
	Área de cada bloque	m <sup>2</sup>	153.6
	Cantidad de bloques	Nº	3
Campo experimental	Área efectiva	m <sup>2</sup>	460.8
	Área total	m <sup>2</sup>	556.8

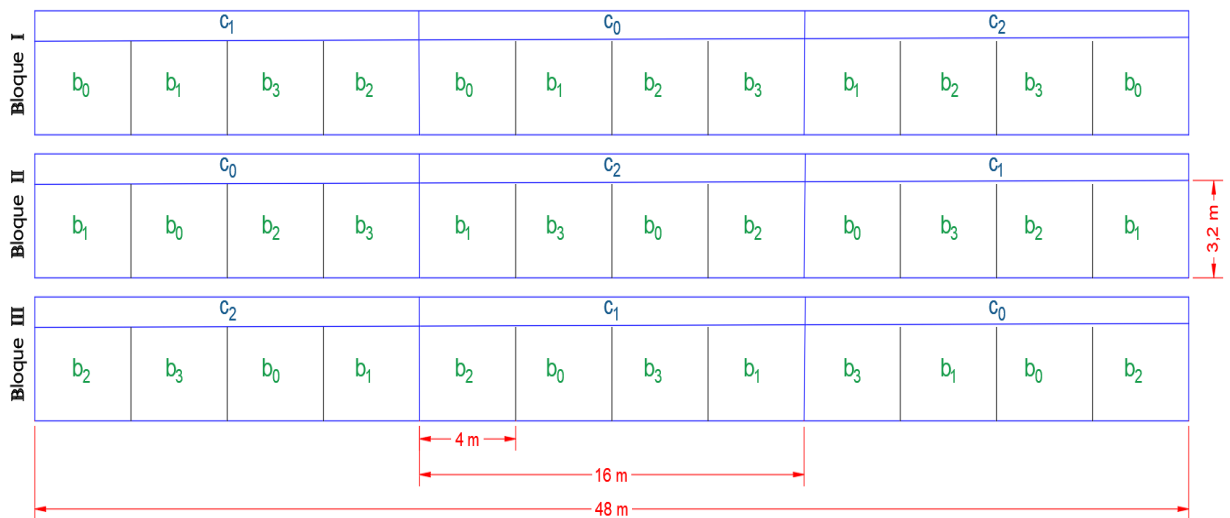
**Figura 2.3**

*Esquema de la unidad experimental*



**Figura 2.4**

*Plano de distribución de los tratamientos*



## 2.8. Instalación y manejo del experimento

### 2.8.1 Limpieza del terreno

Se llevó a cabo el 4 de diciembre de 2024, utilizando un tractor agrícola disponible en la estación experimental. Inicialmente, se realizó un arado profundo con discos, con el objetivo de mejorar la aireación y descompactación del suelo. Posteriormente, se efectuó el desterronado con rastra, lo que permitió desmenuzar los agregados de tierra, y finalmente, se

procedió al surcado del terreno, asegurando una distribución uniforme para la posterior siembra del cultivo.

### ***2.8.2 Delimitación de las parcelas experimentales***

Esta labor fue realizada el 6 de diciembre de 2024 siguiendo el diseño establecido en el plano de distribución de los tratamientos. Para ello, se utilizaron rollizos de madera de aproximadamente 2 m de altura para delimitar los bloques y sean notorios durante todo el periodo del experimento. Asimismo, para la delimitación de parcelas y subparcelas, se emplearon estacas de madera y carrizo de 0.50 m de altura, y finalmente se utilizaron rafias de distintos colores para reforzar la identificación de cada unidad experimental.

### ***2.8.3 Abonamiento de base***

Una vez preparados los surcos, el abonamiento se realizó el mismo día de la siembra mediante la incorporación de gallinaza (Super Suelo) como fuente de materia orgánica que contenía los siguientes porcentajes: 30 % de materia orgánica, 2 % de nitrógeno, 4 % de fósforo, 5 % de potasio, además de diversos micronutrientes. La cantidad aplicada fue de 4.5 t ha<sup>-1</sup>, calculada en función de la fórmula de abonamiento 90-180-110 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K, respectivamente.

### ***2.8.4 Siembra***

Se llevó a cabo el 6 de diciembre de 2024, empleando el método de golpe, en el cual se depositaron tres semillas por punto de siembra. Se estableció un espaciamiento de 0.40 m entre plantas y 0.80 m entre surcos, garantizando una distribución adecuada del cultivo. La densidad de siembra utilizada fue de 75 kg ha<sup>-1</sup>.

### ***2.8.5 Colocación de cintas de riego***

Una vez finalizada la siembra, se procedió a la instalación del sistema de riego por goteo mediante la colocación de cintas de riego en cada surco sembrado. Antes de la instalación, se realizó la nivelación del terreno para evitar desniveles que afecten la uniformidad en la distribución del agua. Posteriormente, las cintas fueron extendidas de manera paralela a los surcos, asegurando su correcta alineación y fijación para evitar desplazamientos durante el riego. Asimismo, se verificó que las perforaciones de las cintas

estuvieran orientadas hacia arriba para garantizar una emisión eficiente del agua y evitar obstrucciones.

El primer riego se realizó el mismo día de la siembra, para proporcionar la humedad necesaria para la germinación uniforme de las semillas y facilitar su adecuado establecimiento en el suelo. Los riegos posteriores a la siembra se llevaron a cabo según las necesidades hídricas del cultivo, considerando tanto las etapas fenológicas del maíz morado como la frecuencia de las precipitaciones. Dado que durante los meses de manejo del cultivo las lluvias fueron constantes, se reguló la aplicación del riego para evitar excesos de humedad en el suelo y optimizar el uso del recurso hídrico.

#### **2.8.6 Aplicación de biofertilizantes**

Se emplearon 3 tipos de biofertilizantes comerciales, los cuales fueron aplicados en distintos momentos del ciclo del cultivo, siguiendo las recomendaciones establecidas en sus respectivas fichas técnicas. A continuación, se detallan los momentos y condiciones de aplicación de cada biofertilizante:

**a) Microorganismos eficientes.** La activación de EM. COMPOST se llevó a cabo siete días antes de su aplicación en campo, permitiendo su fermentación y activación microbiológica. Para ello, se preparó una solución madre mezclando 1 litro de EM. COMPOST con 1 litro de melaza (5 %) y 18 litros de agua (90 %), obteniendo un total de 20 litros de EM. COMPOST activado.

Para la aplicación en campo, se utilizó una bomba fumigadora de 20 litros, en la cual se diluyó 1 litro de EM. COMPOST activado, asegurando una distribución homogénea del biofertilizante en el suelo. La aplicación se realizó en cinco momentos estratégicos a lo largo del ciclo del cultivo, con una frecuencia de cada siete días. La primera aplicación se llevó a cabo el 16 de diciembre de 2024, utilizando una dosis de 2 L ha<sup>-1</sup> de EM. COMPOST.

**b) Hongos micorrícicos arbusculares.** Para la inoculación de hongos micorrícicos arbusculares, se utilizó el producto comercial MYCO GROW, el cual fue aplicado mediante asperjación en la zona cercana a la siembra. Se empleó una dosis de 20 kg ha<sup>-1</sup>, asegurando una adecuada colonización radicular del cultivo.

La aplicación se realizó el 16 de diciembre del año 2024 por única vez, a los 10 días después de la siembra, utilizando una mochila fumigadora. Para su aplicación, el producto fue diluido en 10 litros de agua, garantizando una distribución homogénea en el suelo.

**c) Ácidos húmicos.** Se utilizó el producto comercial PHOS-HUMIC NK, aplicándolo de acuerdo con las recomendaciones de su ficha técnica. La dosis empleada fue de 2 L ha<sup>-1</sup>, y su aplicación se realizó en dos momentos, con una frecuencia de cada 15 días.

La primera aplicación se realizó el 16 de diciembre de 2024 mediante asperjación foliar, utilizando una mochila fumigadora de 20 litros.

### **2.8.7 *Aporque y raleo***

El 9 de enero de 2025, se llevó a cabo el aporque con el fin de brindar soporte a las plantas y reducir el riesgo de tumbado, especialmente en etapas de crecimiento avanzado. Durante esta labor, también se realizó el control mecánico de malezas, minimizando la competencia por nutrientes y agua.

De manera complementaria, se efectuó el raleo, eliminando las plántulas menos vigorosas y dejando dos plantas por golpe, asegurando un adecuado espaciamiento y distribución dentro del cultivo.

### **2.8.8 *Incorporación de cobertura vegetal***

Se realizó el 10 de enero de 2025, un día después del aporque, con el objetivo de mejorar la conservación de la humedad en el suelo, aportar nutrientes y controlar el crecimiento de malezas. Para esta actividad, se utilizaron rastrojos de arveja y trigo, los cuales estaban disponibles en el centro experimental. Los rastrojos fueron dispuestos entre los surcos de acuerdo con el croquis de distribución de tratamientos, asegurando una cobertura uniforme y adecuada en el área.

### **2.8.9 *Control fitosanitario***

Durante la inspección y monitoreo del cultivo, se detectó la presencia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) aproximadamente a los 55 días después de la siembra, observándose daños característicos en las hojas superiores y en el cogollo de la planta. Ante

esta situación se aplicó el insecticida Ciperklin, realizándose una única aplicación el 30 de enero de 2025. La dosis utilizada fue de 30 ml por cada 20 litros de mochila fumigadora.

### **2.8.10 Cosecha**

La cosecha del maíz se llevó a cabo 155 días después de la siembra, momento en el cual las mazorcas alcanzaron su madurez fisiológica. Se procedió a cosechar las mazorcas sin arrancar las plantas, dejando las mismas en pie, y retirando cuidadosamente las mazorcas de cada una de las plantas con la ayuda de una "tipina". La cosecha se efectuó el 10 de mayo del 2025, de acuerdo con los procedimientos establecidos para cada tratamiento y repetición del experimento.

### **2.8.11 Secado**

Se realizó de manera inmediata después de la cosecha, las mazorcas fueron dispuestas en el secadero del centro experimental Canaán, donde se mantuvieron durante un periodo de 15 días. Durante este tiempo las mazorcas fueron volteadas tres veces para asegurar un secado uniforme del grano hasta que alcanzó un 14 % de humedad.

## **2.9. Variables de evaluación**

### **2.9.1 Precocidad**

**Número de días a la floración masculina.** La evaluación del número de días a la floración masculina se llevó a cabo registrando el tiempo transcurrido desde la siembra hasta la aparición visible de espigas y anteras en la panoja considerando como floración el momento en que al menos el 50% de las plantas por subparcela presentaron dicha característica.

**Número de días a la floración femenina.** evaluación del número de días a la floración femenina se realizó desde la siembra hasta la aparición visible de estilos y estigmas en la mazorca, considerando como día de floración cuando al menos el 50% de las plantas por subparcela los presentaron. Los datos se registraron en una tabla previamente elaborada.

**Número de días a la madurez fisiológica.** La determinación del número de días a la madurez fisiológica se realizó mediante observaciones periódicas hasta identificar el cambio

de consistencia del grano de estado pastoso a duro, acompañado del secado progresivo de la mazorca. Se consideró el día de madurez fisiológica cuando los granos alcanzaron aproximadamente un 30% de humedad y se evidenció la intensificación del color morado en la tusa y panca.

### **2.9.2 Rendimientos**

**Altura de planta (cm).** Se midió en la madurez fisiológica desde la base del tallo hasta la punta de la espiga en plantas seleccionadas al azar dentro de cada subparcela. Para obtener una medición precisa, se utilizó una cinta métrica flexible, asegurándonos de que la planta estuviera en posición vertical antes de tomar la lectura.

**Longitud de mazorca (cm).** Se seleccionaron mazorcas representativas por tratamiento, midiendo su longitud desde la base hasta la punta con una regla de precisión. Durante el proceso, se evitó la presencia de deformaciones en las mazorcas para asegurar que los datos fueran consistentes

**Peso de la mazorca (g).** Se pesaron mazorcas completas, sin desgranar, utilizando una balanza digital de precisión. Para garantizar que no se incluyeran impurezas, se limpiaron cuidadosamente las mazorcas antes de pesarlas.

**Peso 1000 granos (g).** A partir de la cosecha, se seleccionaron mil granos de forma manual, asegurando que fueran representativos de toda la producción. Luego, se pesaron utilizando una balanza electrónica de alta precisión, lo que permitió estimar tanto la calidad como el peso específico del grano. Este procedimiento fue repetido varias veces para obtener un promedio confiable.

**Diámetro de la mazorca (cm).** Se determinó utilizando una regla, realizando la medición en sentido perpendicular a su eje longitudinal, es decir, en la parte más ancha de la mazorca.

**Rendimiento total de mazorca (kg ha<sup>-1</sup>).** Se sumó el peso total de mazorcas obtenidas por subparcela, registrando cada peso de manera precisa. Posteriormente, este valor se extrapoló al área de una hectárea, considerando el área efectiva cultivada.

**Rendimiento de la categoría primera (kg ha<sup>-1</sup>).** Las mazorcas con una longitud igual o superior a 15 cm fueron separadas cuidadosamente, asegurándose de que no se incluyeran mazorcas dañadas. Luego, se pesaron por tratamiento, y el resultado se ajustó al rendimiento por hectárea para su análisis comparativo.

**Rendimiento de la categoría segunda (kg ha<sup>-1</sup>).** Se agruparon las mazorcas dentro del rango de 12 a 14 cm, descartando aquellas que no cumplían con las características de la categoría. El peso total de estas mazorcas se registró y, al igual que en los otros casos, se calculó el rendimiento en kilogramos por hectárea, permitiendo conocer la proporción de producción dentro de este rango.

**Rendimiento de la categoría tercera (kg ha<sup>-1</sup>).** Esta categoría incluyó mazorcas menores a 11 cm, que fueron cuidadosamente separadas para evitar la inclusión de mazorcas más grandes accidentalmente. El peso total de las mazorcas en este rango fue registrado, y se ajustó al área total cultivada.

## **2.10. Análisis de costos y beneficios**

Para evaluar la rentabilidad de los tratamientos aplicados sobre el cultivo de maíz morado, se realizó un análisis económico basado en la relación beneficio/costo (B/C). Para ello, se consideraron los costos totales de producción y los ingresos generados a partir del rendimiento obtenido por hectárea en cada tratamiento. Se utilizó el siguiente fórmula:

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Ingreso Total (IT)}}{\text{Costo Total (CT)}}$$

Este indicador permitió determinar la rentabilidad relativa de cada alternativa evaluada. Se interpretó que una relación B/C mayor a 1 indicaba rentabilidad, igual a 1 representaba el punto de equilibrio y menor a 1 implicaba pérdida económica. Los valores obtenidos fueron comparados entre tratamientos para identificar cuál de ellos generó mayores beneficios económicos. Este análisis complementó los resultados productivos, aportando una visión integral sobre la viabilidad de aplicar los insumos orgánicos y biológicos evaluados.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Variables de precocidad

Se ha evaluado registrando los días desde la siembra hasta la floración masculina, femenina y la madurez fisiológica del maíz morado. Como estos eventos no ocurren exactamente el mismo día en todas las plantas, se trabajó con rangos de días. Por esta razón, no se aplicó análisis de varianza, ya que este exige datos puntuales y condiciones estadísticas que no se cumplían en este caso.

**Tabla 3.1**

*Rangos de ocurrencia de eventos fenológicos en maíz morado bajo tratamientos de coberturas vegetales y biofertilizantes en Canaán - Ayacucho, 2750 msnm (ndds)*

Trat.	Descripción	N° de días después de la siembra (ndds)		
		Floración masculina	Floración Femenina	Madurez fisiológica
T1	Sin cobertura y sin biofertilizante	80 - 90	95 -110	135 - 150
T2	Sin cobertura y EM 2 L ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T3	Sin cobertura y HMA 20 kg ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T4	Sin cobertura y ácidos húmicos 2 L ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T5	Cobertura de arveja y sin biofertilizante	80 - 90	95 - 110	135 - 150
T6	Cobertura de arveja y EM 2 L ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T7	Cobertura de arveja y HMA 20 kg ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T8	Cobertura de arveja y ácidos húmicos 2 L ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T9	Cobertura de trigo y sin biofertilizante	80 - 90	95 -110	135 - 150
T10	Cobertura de trigo y EM 2 L ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T11	Cobertura de trigo y HMA 20 kg ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T12	Cobertura de trigo y ácidos húmicos 2 L ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155

*Nota.* EM: microorganismos eficientes, HMA: hongos micorrícicos arbusculares.

En la tabla 3.1 se muestra que la mayoría de tratamientos presentaron la floración masculina entre los 85 y 93 días en todos los tratamientos, excepto en los tratamientos donde no se aplicaron biofertilizantes en los diferentes tipos de coberturas vegetales (T1, T5 y T9) que reportaron valores de 80 a 90 días después de la siembra. De igual forma, la floración femenina ocurrió en la mayoría de tratamientos entre los 101 y 112 días, y la madurez fisiológica entre los 140 y 155 días. Sin embargo, en los tratamientos que no incluyeron biofertilizantes (T1, T5 y T9), ambos ciclos fenológicos se produjeron con un leve adelanto: la floración femenina se llevó a cabo entre los 95 y 110 días después de sembrar, mientras que la madurez fisiológica ocurrió entre los 135 y 150 días después de la siembra. Esta variación podría estar vinculada con una condición de estrés en la planta, resultado de la falta de nutrientes que, normalmente, los microorganismos contenidos en los biofertilizantes proporcionan. En esas condiciones, la planta reacciona acelerando su ciclo de desarrollo y alcanzando la madurez más pronto, como un método de adaptación ante la restricción nutricional.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Mendoza (2017) quien evaluó la variedad INIA-615 en Canaán y registro la floración masculina a los 90.37 días después de la siembra. Mendoza (2022) logró de la misma manera, un rango similar de floración masculina (84.5 a 89.5 días) al evaluar el efecto de rizobacterias en el maíz morado del valle de Ica, estas también son vistas como biofertilizantes. El maíz morado mostró un desarrollo fenológico estable, a pesar de las variaciones en el manejo, el ambiente y el tipo de insumo utilizado.

Sobre la floración femenina, Flores (2012) registró un promedio de 110.4 días después de la siembra en la variedad LP-101 de maíz morado, también cultivada en Canaán, lo cual coincide con lo observado en el estudio actual (95–112 días), evidenciando un comportamiento fenológico parecida bajo circunstancias similares.

En esta investigación, la madurez fisiológica ocurrió entre los días 135 y 155; Mendoza (2017) también reportó un promedio de 139.8 días para la misma variedad, por lo que estos resultados son semejantes. Este valor ligeramente menor podría deberse a diferencias en manejo agronómico, época de siembra que pudieron acelerar el secado fisiológico del grano.

En términos generales, los biofertilizantes y coberturas vegetales no modificaron de forma significativa en la fenología de la planta de maíz en lo que respecta a la floración y

madurez fisiológica del maíz morado. Aunque se detectaron adelantos puntuales en tratamientos sin biofertilizantes, estas diferencias no fueron suficientes para modificar el comportamiento fenológico general del cultivo. Esto puede deberse a que los tratamientos mejoran la fertilidad del suelo, pero no afectan directamente el desarrollo fenológico del maíz morado, al menos en esta variedad y en las condiciones de Canaán.

### 3.2. Variables de rendimiento

Se realizó análisis de varianza utilizando el software Infostat para identificar diferencias estadísticas entre tratamientos. En los casos que lo requirieron, se empleó la prueba de Tukey para la comparación de medias y los resultados se representaron gráficamente en software Excel para facilitar su interpretación.

#### 3.2.1 Altura de planta

En la tabla 3.2 se muestra el análisis de varianza de la altura de planta de maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes, donde se encontró una alta significación estadística en la fuente de variación de biofertilizante y una significación estadística en el caso de la cobertura vegetal. La interacción entre ambos factores no resultó estadísticamente significativa, lo que indica que cada factor actuó de manera independiente sobre esta variable.

El coeficiente de variación fue 1.83 % lo que refleja baja dispersión de los datos y adecuada precisión experimental.

**Tabla 3.2**

*Análisis de varianza de la altura de planta de maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm*

<b>F. Variación</b>	<b>G. L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	470.90	235.50	2.77	0.1660 ns
C. Vegetal (C)	2	1526.10	763.10	8.97	0.0332 *
Error (a)	4	340.30	85.10		
Biofertilizante (B)	3	653.70	217.89	12.50	< 0.0001 **
Interacción (C * B)	6	41.40	6.91	0.40	0.8719 ns
Error (b)	18	313.90	17.44		
Total	35	3346.30			

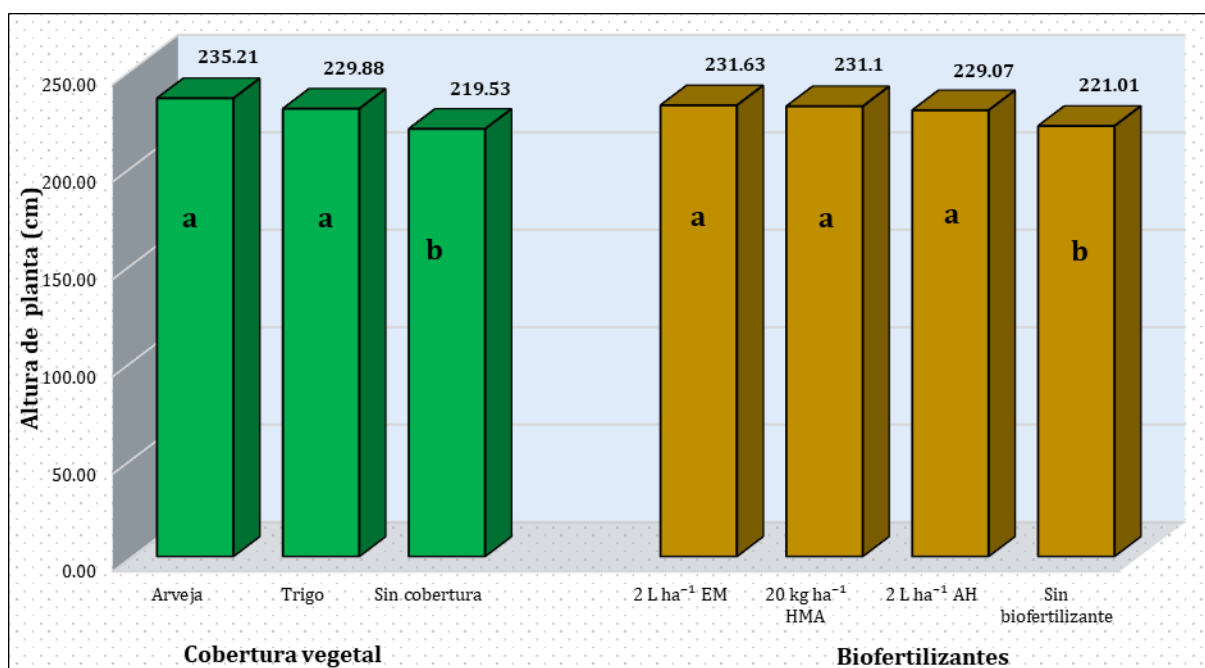
C.V = 1.83 %

En la figura 3.1 se presenta los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre la altura de planta del maíz morado, según la prueba de Tukey. Las plantas de maíz con aplicación de cobertura de arveja alcanzaron la mayor altura promedio con 235.21 cm, seguidas por las plantas de maíz con aplicación de cobertura de trigo con 229.88 cm, mientras que el tratamiento sin cobertura vegetal alcanzó solo 219.53 cm, siendo estadísticamente inferior. Esto indica que la cobertura vegetal, especialmente de la arveja, favoreció el desarrollo del cultivo. Esto puede explicarse por la baja relación C/N que tiene los rastrojos de leguminosas, que provoca una descomposición más rápida y, por lo tanto, una liberación oportuna de nutrientes que enriquecen la materia orgánica disponible para las plantas.

Respecto a los biofertilizantes, los tratamientos con microorganismos eficientes, ácido húmico y hongos micorrícicos arbusculares obtuvieron alturas promedio de 231.63, 231.10 y 229.07 cm respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellos y superiores al tratamiento sin biofertilizante, que mostró un crecimiento significativamente menor con una altura de 221.01 cm.

**Figura 3.1**

*Prueba de Tukey para los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre la altura del maíz morado. Canaán, 2750 msnm*



*Nota.* EM: Microorganismos eficientes, AH: Ácido húmico, HMA: Hongos micorrícicos arbusculares

En relación al efecto de la cobertura vegetal, este resultado contrasta con lo reportado por Ramadhan (2021), quien también notó un aumento en la altura del maíz (*Zea mays* L. var.) cuando se usaron estas coberturas (paja de trigo). En su estudio, las cifras de altura en la primera temporada sin cobertura vegetal fueron de entre 168.51 cm y 184.47 cm; en cambio, durante la segunda temporada, con cobertura vegetal, se registraron alturas más altas, siendo el promedio del tratamiento más efectivo de 186.66 cm. Es importante destacar que estos valores son menores a los obtenidos en el estudio actual, donde se lograron promedios de altura más altos, este impacto positivo podría deberse a la fertilidad del suelo y a las condiciones medioambientales en nuestra área, las cuales son distintas a las que Ramadhan ha informado. En este contexto, la cobertura utilizada en nuestra investigación demostró un rendimiento más alto al promover un ambiente con una disponibilidad más alta de nutrientes y condiciones edáficas más óptimas para el crecimiento del cultivo.

En biofertilizantes, el tratamiento con microorganismos eficientes registró la mayor altura promedio del maíz con 231.63 cm, seguida por el tratamiento donde se aplicó HMA y AH que reportaron 231.1 y 229.07 cm, respectivamente, entre los cuales no existe diferencia estadística significativa. La menor altura de plantas de maíz se reportó en el tratamiento sin biofertilizante, que alcanzó 221.01 cm. Estos resultados coinciden con lo que Zeballos (2017) indicó, al notar un aumento en la altura del maíz forrajero cuando se empleó EM en concentraciones de 5 % y 10 %, alcanzando una altura de la planta de 267.01 cm y 262.05 cm, respectivamente, en comparación con los 228.00 cm obtenidos en el tratamiento control. A pesar de las diferencias en variedad y condiciones agroclimáticas, ambos estudios confirman el efecto positivo de los EM sobre el desarrollo del cultivo. Este efecto puede atribuirse a su capacidad que tiene para optimizar la estructura del suelo y la movilidad de los nutrientes, lo cual estimula la reacción fisiológica de las plantas.

Asimismo, Zuta (2024) menciona que la utilización de biofertilizantes, como el ácido húmico, el ácido fúlvico, los extractos de algas y los aminoácidos, en cantidades determinadas y a lo largo de las primeras etapas del desarrollo vegetativo del maíz (V4 y V7), promueve un mayor crecimiento en altura. La altura más alta que se registró en su estudio fue de 252.25 cm.

Los resultados demuestran que las coberturas vegetales y los biofertilizantes utilizados contribuyeron al desarrollo del maíz morado, ya que aumentaron la altura de la planta. Estas prácticas mejoran las condiciones del suelo y optimizan la disponibilidad de nutrientes, lo que se refleja en una mejor respuesta del cultivo. Al respecto, Gutiérrez et al., (2015) señalan que, en este sentido, el empleo de biofertilizantes posibilita una utilización más eficaz de los nutrientes, ya que disminuye las pérdidas y favorece la obtención de fuentes alternativas de nitrógeno, un componente fundamental para el crecimiento del cultivo.

### 3.2.2 Longitud de mazorca

El resultado del análisis de varianza de la longitud de mazorca de maíz morado se presenta en la tabla 3.3, donde se muestra una alta significación estadística en la cobertura vegetal, así como un efecto significativo atribuible al uso de biofertilizantes, lo que evidencia que ambos tratamientos tuvieron una influencia directa sobre esta variable morfológica. La interacción entre cobertura vegetal y biofertilizantes no presentó significancia estadística.

El coeficiente de variación fue 3.26 %, un valor que indica una precisión apropiada en las mediciones efectuadas.

**Tabla 3.3**

*Análisis de varianza de la longitud de mazorca de maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm*

<b>F. Variación</b>	<b>G. L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	5.09	2.54	13.38	0.0160 *
C. Vegetal (C)	2	13.97	6.98	36.83	0.0026 **
Error (a)	4	0.76	0.19		
Biofertilizante (B)	3	2.45	0.82	3.90	0.0261 *
Interacción (C * B)	6	1.62	0.27	1.29	0.3096 ns
Error (b)	18	3.76	0.21		
Total	35	27.64			

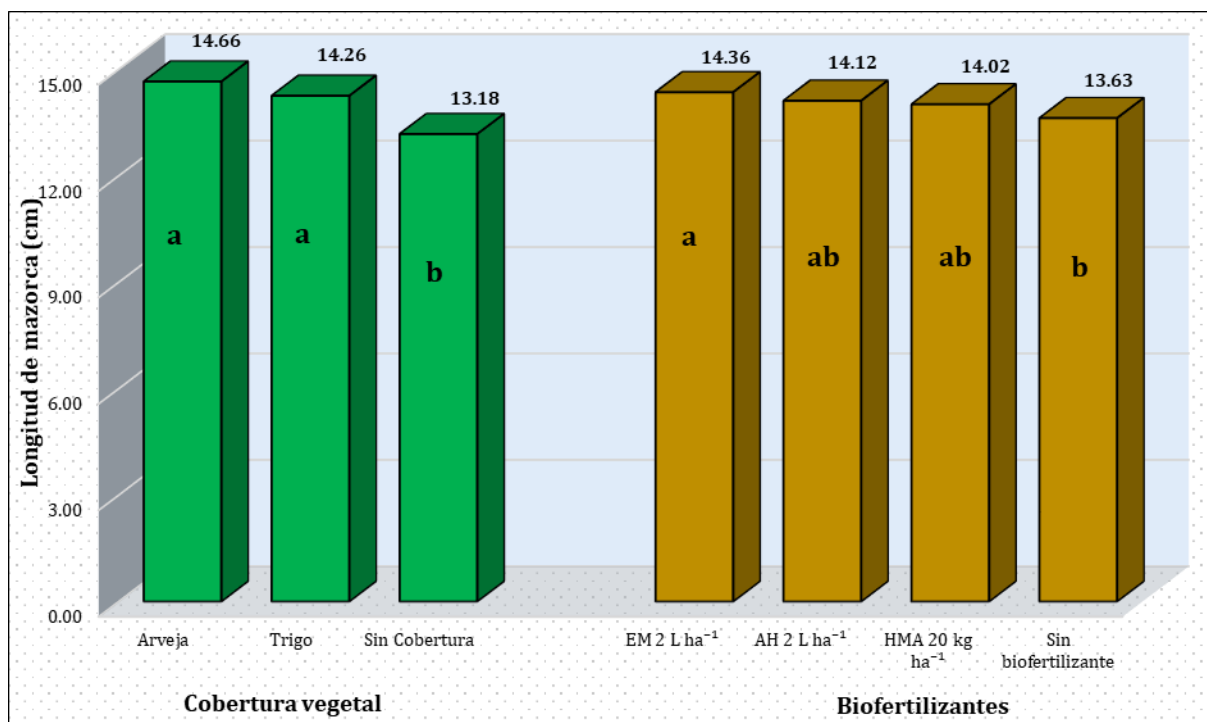
C.V = 3.26 %

En la figura 3.2 se presenta la prueba de Tukey para los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre la longitud de mazorca del maíz morado, donde se evidencia que las plantas a las que se les aplicó cobertura de arveja promovió un mayor desarrollo en la longitud de mazorca, alcanzando un promedio de 14.66 cm y seguido por las

plantas con cobertura de trigo, cuyas mazorcas llegaron a los 14.26 cm. Ambas mostraron comportamientos estadísticamente similares, aunque claramente superiores al tratamiento sin cobertura, que obtuvo una longitud promedio menor de 13.18 cm; en cambio, en los biofertilizantes, fue el tratamiento con microorganismos eficientes el que mostró la mejor respuesta, con una longitud media de 14.36 cm. Le siguieron los tratamientos con ácidos húmicos con 14.12 cm y hongos micorrícicos arbusculares con 14.02 cm, y no presentaron diferencias estadísticas entre sí. El tratamiento sin biofertilización mostró el valor más bajo, con una media de 13.63 cm.

**Figura 3.2**

*Prueba de Tukey para los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre la longitud de mazorca del maíz morado. Canaán, 2750 msnm*



*Nota.* EM: Microorganismos eficientes, AH: Ácido húmico, HMA: Hongos micorrícicos arbusculares

El resultado obtenido en este estudio, donde se observó un efecto significativo de la cobertura vegetal sobre la longitud de mazorca, difiere de lo reportado por Poma (2020), quien no encontró diferencias estadísticas en la longitud de mazorcas de maíz amarillo duro al aplicar cobertura de ficus en condiciones de Pichari. Esta discrepancia puede deberse al tipo de cobertura empleada, como el ficus, este tipo de cobertura al ser leñoso y de lenta descomposición, tiene baja actividad biológica. En cambio, coberturas como la arveja y el

trigo descomponen más rápido, lo que favorece una liberación oportuna de nutrientes, mejora la estructura del suelo y contribuye a retener mejor la humedad, favoreciendo su desarrollo vegetativo y reproductivo, incluida la formación de mazorcas más largas y completas.

Reginatto et al. (2020) señalan que las coberturas de leguminosas en descomposición, libera compuestos fenólicos y reguladores del crecimiento, como auxinas. Estos compuestos están asociadas al alargamiento celular y a la diferenciación de tejidos, que pueden tener un efecto bioestimulante en la formación de estructuras como la mazorca.

Asimismo, Zhang et al., (2019) indican que el uso de acolchado propicia la retención e infiltración del agua y favorece la acumulación de materia orgánica en el suelo. El aumento de la longitud de mazorca puede ser explicado por estas mejoras en las características físicas y biológicas del suelo, dado que un suministro continuo de agua y nutrientes en las fases reproductivas del maíz, especialmente durante el llenado de grano y la elongación de la mazorca, facilita que se mantenga una tasa activa de división y expansión celular.

Girón y Llallahui (2018) reportaron que el maíz morado de la variedad Negro Canaán, sometido a tratamientos con microorganismos eficientes (EM) en combinación con guano de isla a una dosis de  $1000 \text{ kg ha}^{-1}$ , alcanzó una longitud de mazorca de 17.13 cm. Este valor es más alto que el conseguido en la investigación actual, en la que se registró una longitud media de 14.36 cm al aplicar EM como único factor. Esta diferencia podría explicarse por el uso complementario de guano de isla, un abono orgánico que tiene una gran cantidad de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes necesarios.

De igual manera, Zambrano (2024) al aplicar el biofertilizante Nutrisorb en maíz morado de la variedad INIA-601, obtuvo una mazorca de 14.58 cm de longitud en condiciones agroecológicas del distrito de Ambo, región Huánuco. Este valor es similar al que se obtuvo en el estudio actual, que fue 14.36 cm de longitud media tras aplicar microorganismos eficientes. Las pequeñas diferencias detectadas entre los dos resultados pueden estar vinculadas con el tipo de biofertilizante utilizado, así como con las variaciones en las condiciones agroclimáticas propias de cada zona de cultivo.

### 3.2.3 *Peso de la mazorca*

En la tabla 3.4 se presenta el análisis de varianza del peso de la mazorca de maíz con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes, donde la fuente de variación de cobertura vegetal mostró tener una significancia estadística, lo que indica que este tipo de cobertura tuvo un impacto diferenciado sobre dicha variable. Igualmente, el análisis estadístico demostró que la fuente de variación de biofertilizante y la interacción entre cobertura vegetal y biofertilizante (C\*B) son altamente significativos; esto sugiere que el comportamiento del maíz en relación con el peso de la mazorca no solo depende de las variables consideradas por separado, sino también del modo específico en que interactúan ambas variables

El coeficiente de variación fue 3.01%, lo cual indica que el experimento presentó una adecuada precisión en la evaluación de los datos.

**Tabla 3.4**

*Análisis de varianza del peso de la mazorca de maíz con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm*

<b>F. Variación</b>	<b>G.L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	156.36	78.18	1.89	0.2647 ns
C. Vegetal (C)	2	1173.41	586.71	14.16	0.0153 *
Error (a)	4	165.68	41.42		
Biofertilizante (B)	3	3839.87	1279.96	120.10	<0.0001 **
Interacción (C * B)	6	304.04	50.67	4.75	0.0045 **
Error (b)	18	191.84	10.66		
Total	35	5831.50			

C.V = 3.01 %

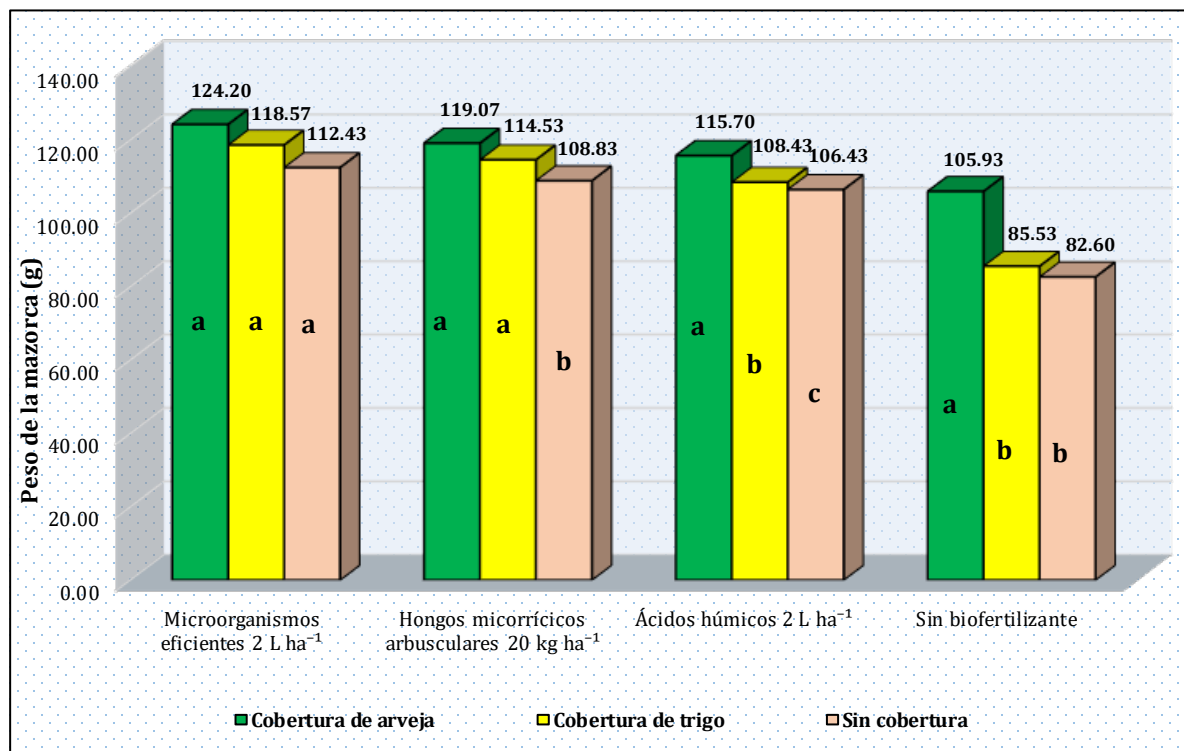
En la figura 3.4 presenta la prueba de Tukey de los efectos simples de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el peso de la mazorca del maíz morado. En todos los tratamientos donde se aplicaron cobertura de arveja registraron los mayores pesos de mazorca, seguido por el tratamiento en la que se aplicó cobertura de trigo, independientemente del biofertilizante aplicado. El tratamiento con microorganismos eficientes en combinación con cobertura de arveja alcanzó el mayor peso de la mazorca con 124.20 g. El menor peso de mazorca se obtuvo con el tratamiento donde no se aplicó biofertilizante ni cobertura que alcanzó solo 82.60 g.

En cuanto al efecto de los biofertilizantes, se aprecia que todas las aplicaciones generaron un aumento en el peso de la mazorca con relación al control; sin embargo, la

magnitud de dicho efecto dependió del tipo de cobertura vegetal empleada. Esto significa que la cobertura vegetal también favorece el desarrollo de los microorganismos presentes en los biofertilizantes, permitiendo que actúen con mayor efectividad.

**Figura 3.3**

*Prueba de Tukey para los efectos simples de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el peso de la mazorca del maíz morado. Canaán, 2750 msnm*



Los resultados obtenidos en la figura 3.3 evidencian que la interacción entre los biofertilizantes y la cobertura vegetal influye significativamente en el peso de mazorca en el cultivo de maíz morado. El mayor valor de 124.20 g de peso de mazorca se alcanzó con la combinación de microorganismos eficientes y cobertura de arveja, lo que indica que las condiciones que rodean a un biofertilizante son igualmente importantes que su tipo. Por lo tanto, este efecto positivo puede deberse a la sinergia entre ambos factores: por un lado, la cobertura de arveja tiene una baja relación C/N, debido a que es una leguminosa; esto favorece que sus residuos se descompongan con rapidez y liberen nitrógeno y otros nutrientes en el momento oportuno; y por otro, los microorganismos eficientes aceleran dicho proceso, optimizando la disponibilidad de nutrientes, mejorando la microbiota del suelo y aumentando la absorción de nutrientes por parte de la planta.

Zambrano (2024) evaluó el efecto de EM como biofertilizante en el rendimiento del maíz morado, específicamente de la variedad INIA-601, y reportó un peso de mazorca de 174.5 g. Este valor es mayor que el del presente estudio, el cual fue de 124.20 g. Esta diferencia podría atribuirse a la variedad utilizada, condiciones agroecológicas de la zona, a la fertilidad del terreno y al manejo agronómico.

Mendoza (2022), en la zona baja del valle de Ica, reportó un peso de mazorca de 93.63 g en maíz morado de la variedad Cv. PMV 581, al emplear una combinación de *Bacillus* sp. y *Azotobacter*. Por su parte, Mercado (2022) al evaluar el efecto del extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) al 25% de concentración como biofertilizante en maíz morado, reportó un peso de mazorca de 116.25 g. Los dos resultados fueron menores que los obtenidos en este estudio, lo cual puede explicarse por la mayor eficiencia de los biofertilizantes utilizados y por el efecto positivo de la cobertura vegetal empleado.

### 3.2.4 *Peso 1000 granos*

En la tabla 3.5 del análisis de varianza del peso 1000 granos de maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes se observa que la fuente de variación de biofertilizante (B) tuvo una alta significación estadística, lo cual señala que su uso influyó notablemente en la acumulación de biomasa en los granos. Sin embargo, la fuente de variación de cobertura vegetal (C) y la interacción entre cobertura vegetal y biofertilizante (C × B) no mostró diferencias estadísticas significativas, lo que indica que los efectos de los biofertilizantes fueron independientes del tipo de cobertura vegetal utilizada. El coeficiente de variación fue 2.12 %, lo que indica buena precisión en los datos.

**Tabla 3.5**

*Análisis de varianza del peso 1000 granos de maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm*

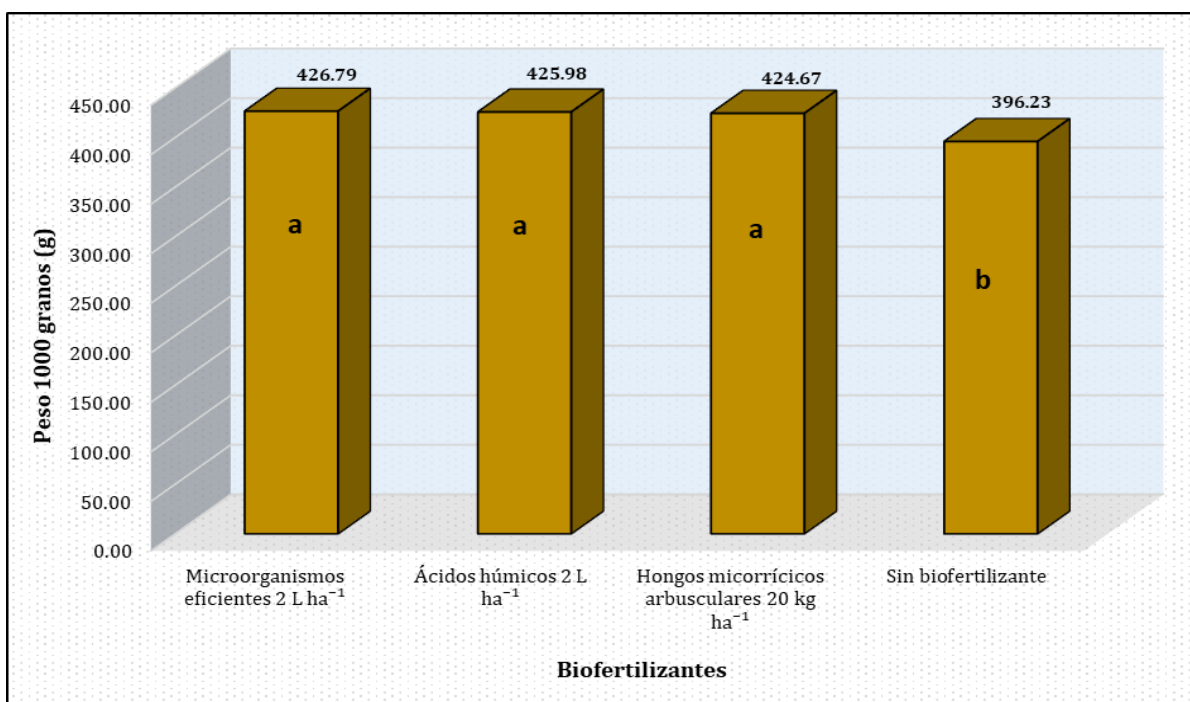
<b>F. Variación</b>	<b>G.L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	125.16	62.58	0.50	0.6386 ns
C. Vegetal (C)	2	230.23	115.11	0.92	0.4676 ns
Error (a)	4	497.88	124.47		
Biofertilizante (B)	3	5929.79	1976.60	25.07	<0.0001 **
Interacción (C * B)	6	90.48	15.08	0.19	0.9753 ns
Error (b)	18	1418.91	78.83		
Total	35	8292.45			

C.V = 2.12 %

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el peso de 1000 granos de maíz morado (figura 3.4), se muestra que el mayor peso se obtuvo con la aplicación de microorganismos eficientes, alcanzando un promedio de 426.79 g, seguido por los tratamientos con AH con 425.98 g y HMA con 424.67 g. Estos tratamientos no mostraron variaciones estadísticas significativas entre ellos, lo que sugiere una respuesta parecida en el aumento del peso del grano. Por otro lado, el tratamiento sin biofertilizante tuvo un valor de 396.23 g, que fue notablemente más bajo en comparación con los demás tratamientos.

**Figura 3.4**

*Prueba de Tukey para los efectos principales de los biofertilizantes sobre el peso de 1000 granos del maíz morado. Canaán, 2750 msnm*



El mayor peso registrado en este estudio fue de 426.79 g, valor que resultó inferior al reportado por Escalante (2014) en Huanta, quien obtuvo 501.00 g al aplicar *Azospirillum* sp. en soporte líquido, junto con guano de isla, en la variedad de maíz negro Canteño. Esta diferencia puede atribuirse a factores como la variedad genética utilizada, el tipo de inoculante y la incorporación de guano de isla como fuente adicional de nutrientes.

De igual forma, Girón y Llallahui (2018), en el Programa de Investigación en Pastos y Ganadería ubicado a 2760 msnm, evaluaron el rendimiento del maíz morado variedad Negro Canaán, reportaron un peso de 1000 semillas de 711.23 g al aplicar 4000 kg ha<sup>-1</sup> de compost en combinación con microorganismos eficientes. Este valor supera ampliamente al obtenido

en el presente estudio (426.79 g), lo que podría atribuirse al uso conjunto de compost con microorganismos eficientes, mejorando las condiciones del suelo.

Asimismo, Mendoza (2017) al evaluar varias variedades de maíz morado en condiciones de Canaán (2750 msnm), reportó un rango de peso de 1000 semillas entre 504.43 g y 335.53 g, señalando que esta variación se debe principalmente a la carga genética de cada variedad y a la densidad de siembra empleada. En comparación, el presente estudio obtuvo un valor máximo de 426.79 g, el cual se encuentra dentro de este rango, aunque por debajo del valor más alto reportado.

### 3.2.5 *Diámetro de mazorca*

En la tabla 3.6 se presenta el análisis de varianza del diámetro de mazorca del maíz morado, donde se muestra que hubo significación estadística en la fuente de variación de cobertura vegetal y biofertilizante, lo que sugiere que ambas variables tuvieron un impacto en esta característica. Sin embargo, no se encontró diferencia estadística significativa en la interacción de cobertura vegetal y biofertilizantes.

El coeficiente de variación fue 6.45 % refleja una buena precisión experimental.

**Tabla 3.6**

*Análisis de varianza del diámetro de mazorca del maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm*

<b>F. Variación</b>	<b>G.L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	0.46	0.23	3.46	0.1320 ns
C. Vegetal (C)	2	0.93	0.46	7.04	0.0490 *
Error (a)	4	0.26	0.07		
Biofertilizante (B)	3	0.92	0.31	3.73	0.0302 *
Interacción (C * B)	6	0.28	0.05	0.57	0.7505 ns
Error (b)	18	1.49	0.08		
Total	35	4.34			

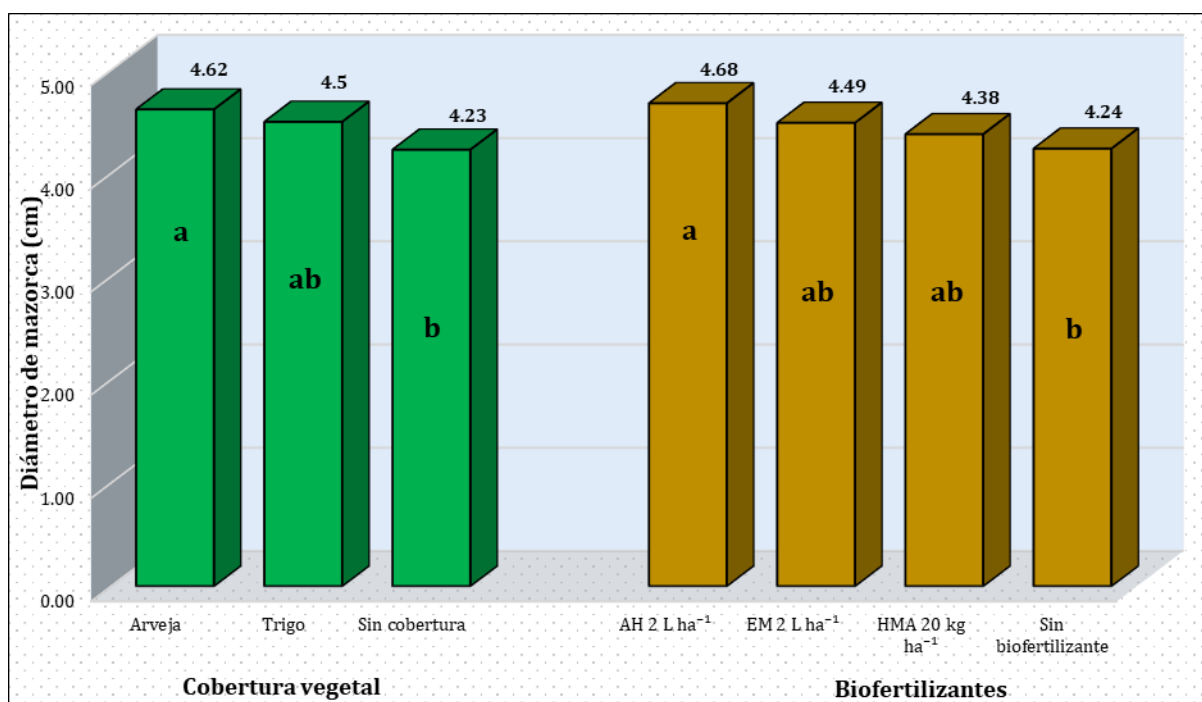
C.V = 6.45 %

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el diámetro de la mazorca del maíz morado (figura 3.5), el mayor diámetro de mazorca se obtuvo en las plantas de maíz donde se aplicó la cobertura de arveja, 4.62 cm, seguida por las plantas de maíz con la aplicación de cobertura de trigo con 4.50 cm, sin diferencia significativa entre ambos. El tratamiento sin cobertura vegetal tuvo un valor inferior, 4.23 cm, lo que evidenció una

diferencia significativa con la cobertura de arveja. En cuanto a los biofertilizantes, el tratamiento con AH logró el mayor diámetro de mazorca con 4.68 cm, superando al tratamiento sin biofertilizante, 4.24 cm, mientras que los tratamientos con EM y HMA presentaron valores intermedios, 4.49 cm y 4.38 cm, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos.

**Figura 3.5**

*Prueba de Tukey para los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el diámetro de la mazorca del maíz morado. Canaán, 2750 msnm*



*Nota.* EM: Microorganismos eficientes, AH: Ácido húmico, HMA: Hongos micorrícicos arbusculares

Estos resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Palomino (2015), que observó que el uso de los biofertilizantes 4 y 2 posibilitó conseguir diámetros de 4.57 cm y 4.55 cm, respectivamente, en maíz morado cultivado bajo condiciones semejantes.

Asimismo, Zambrano (2024), quien evaluó el efecto de cuatro biofertilizantes en dos variedades de maíz morado bajo condiciones de Ambo, Huánuco, registró diámetros entre 4.64 cm y 4.89 cm, siendo el mayor valor alcanzado por el tratamiento INIA 601 + Nutrisorb (4.89 cm). Las diferencias encontradas entre los dos estudios podrían explicarse por la variabilidad genética de las variedades utilizadas y edafoclimáticas de cada región.

La variedad INIA 615 tiene un diámetro promedio de mazorca de 4.6 cm, según Medina et al., (2022). Por lo tanto, los valores alcanzados en este estudio están dentro de esa referencia, lo que confirma la consistencia de los resultados.

Es importante destacar que, a pesar de que los biofertilizantes y la cobertura vegetal tuvieron algún impacto positivo en el diámetro de mazorca, este fue mínimo y los valores continuaron dentro del rango previsto para la variedad INIA 615 - Negro Canaán.

### 3.2.6 Rendimiento total de mazorca

En la tabla 3.7 se presenta el análisis de varianza del rendimiento total de mazorca del maíz morado con aplicación de cobertura y biofertilizantes, donde se observa que hubo significación estadística en la fuente de variación cobertura vegetal y una alta significación estadística en la fuente de variación de biofertilizantes destacando su mayor impacto. Sin embargo, no hubo significación estadística en la interacción de cobertura vegetal y biofertilizantes.

El coeficiente de variación fue 4.46 % , refleja una buena precisión experimental

**Tabla 3.7**

*Análisis de varianza del rendimiento total de mazorca del maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm*

<b>F. Variación</b>	<b>G.L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	1844333.75	922166.87	4.77	0.0910 ns
C. Vegetal (C)	2	5831972.66	2915986.33	15.46	0.0131 *
Error (a)	4	757413.45	189353.36		
Biofertilizante (B)	3	9149366.32	3049788.77	32.38	0.0001 **
Interacción (C * B)	6	966265.19	161044.20	1.71	0.1740 ns
Error (b)	18	1695267.18	94181.51		
Total	35	20244618.55			

C.V = 4.46 %

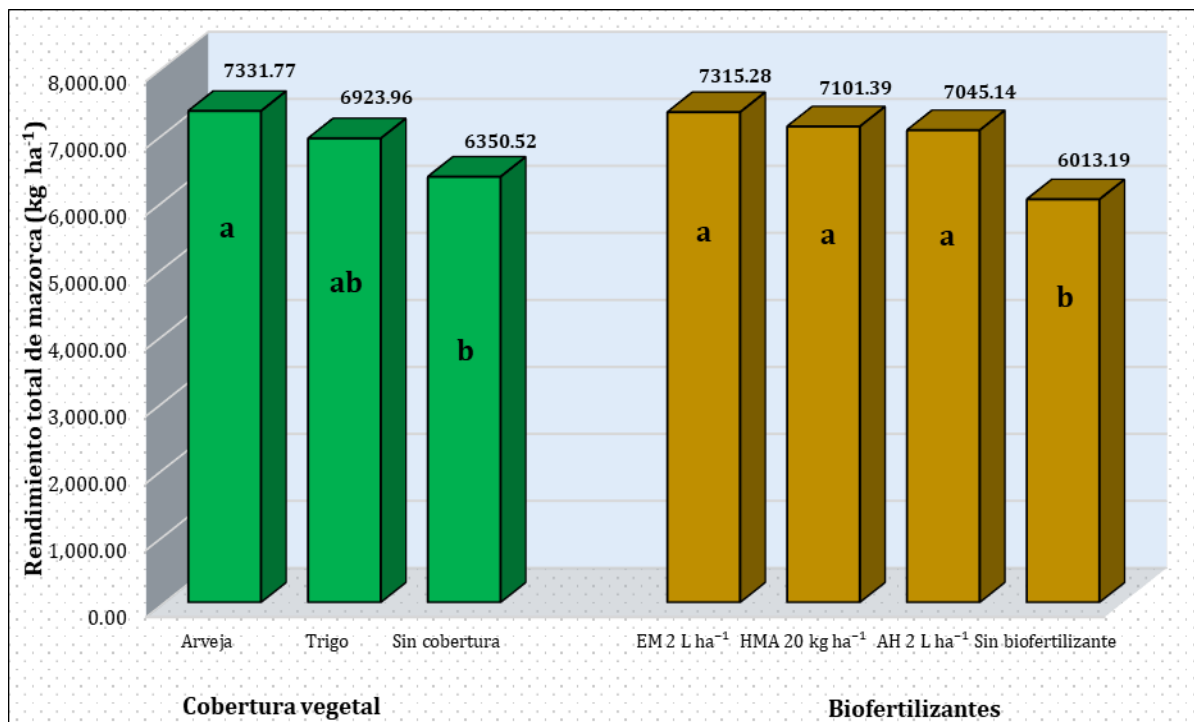
En la figura 3.6 se muestra los resultados de la prueba de Tukey para el rendimiento total de mazorca del maíz morado, donde se observa que las plantas de maíz con aplicación de cobertura de arveja alcanzaron el mayor rendimiento total de mazorca con 7 331.77 kg ha<sup>-1</sup>, seguidas por las plantas de maíz con aplicación de cobertura de trigo con 6 923.96 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el tratamiento sin cobertura vegetal alcanzó solo 6 350.52 kg ha<sup>-1</sup>, siendo estadísticamente inferior al tratamiento con cobertura de arveja. Esto demuestra que la

cobertura vegetal no solamente protege el suelo, sino que también influye en la disponibilidad de nutrientes según la relación carbono/nitrógeno que estas tienen. Las leguminosas al tener una baja relación de C/N posibilita una descomposición rápida, liberando nitrógeno a tiempo y beneficiando la actividad de los microorganismos y la nutrición del maíz, lo cual resulta en un aumento mayor de los rendimientos a comparación de cobertura de trigo que tiene una alta relación de C:N que dificulta la liberación oportuna de nutrientes al cultivo de maíz.

En cuanto a los biofertilizantes, el tratamiento con microorganismos eficientes registró el mayor rendimiento total de mazorca con 7 315.28 kg ha<sup>-1</sup>, seguida por el tratamiento donde se aplicó HMA y AH que reportaron 7 101.39 y 7 045.14 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, entre los cuales no existe diferencia estadística significativa. El tratamiento sin biofertilizante, que llegó a 6 013.19 kg ha<sup>-1</sup>, tuvo el rendimiento total más bajo de la mazorca del maíz.

**Figura 3.6**

*Prueba de Tukey para los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el rendimiento total de mazorca del maíz morado. Canaán, 2750 msnm*



*Nota.* EM: Microorganismos eficientes, AH: Ácido húmico, HMA: Hongos micorrícicos arbusculares

Los rendimientos reportados por Zambrano (2024) para cuatro biofertilizantes en condiciones de Ambo - Huánuco, utilizando las variedades de maíz morado INIA 601 y Negro Cusco, oscilan entre 5 130.35 y 5 880.39 kg ha<sup>-1</sup>. Estos valores son ligeramente inferiores a los obtenidos en el presente estudio. Esta diferencia puede estar relacionada con la densidad de siembra empleada por el autor (71 500 plantas ha<sup>-1</sup>), ya que, según el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2020) la mazorca crece en función de las condiciones ambientales y de la densidad de cultivo; a mayor número de plantas por hectárea, se reduce el tamaño de mazorca, lo que impacta negativamente en el rendimiento total del cultivo.

Asimismo, Torres (2021), en condiciones agroecológicas similares logró un rendimiento de 8 493.9 kg ha<sup>-1</sup> en maíz morado utilizando una densidad de siembra de 62 500 plantas ha<sup>-1</sup> y aplicando abonos orgánicos complementados con fertilizante sintético (120-100-80 kg ha<sup>-1</sup> de N-P-K). Esta cifra fue un poco más alta que la obtenida en esta investigación, lo cual podría explicarse por el uso de fertilizante sintético, que habría aumentado la disponibilidad de nutrientes y, por ende, la productividad de las cosechas.

Resultados similares fueron obtenidos por Escalante (2014), en Huanta (2650 msnm), donde el maíz morado alcanzó un rendimiento de 7 299.82 kg ha<sup>-1</sup> con la aplicación de *Azospirillum sp.* en soporte líquido, combinado con guano de isla. En el presente estudio, desarrollado en condiciones agroecológicas similares (Canaán, 2750 msnm), se obtuvo un rendimiento ligeramente superior (7 315.38 kg ha<sup>-1</sup>) mediante la aplicación de biofertilizantes. Esta diferencia podría atribuirse a factores como las condiciones ambientales particulares del sitio y las características edáficas del suelo.

### **3.2.7 Rendimiento de la categoría primera**

En la tabla 3.8 se presenta el análisis de varianza del rendimiento de la categoría primera de la mazorca de maíz morado, donde se observa que hubo alta significación estadística en la fuente de variación de cobertura vegetal, biofertilizante y en la interacción cobertura vegetal y biofertilizante, lo cual sugiere que la respuesta al biofertilizante varió en función del tipo de cobertura vegetal aplicada.

El coeficiente de variación fue 4.49 %, lo cual indica que el experimento presentó una adecuada precisión en la evaluación de los datos.

**Tabla 3.8**

*Análisis de varianza del rendimiento de la categoría primera del maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm*

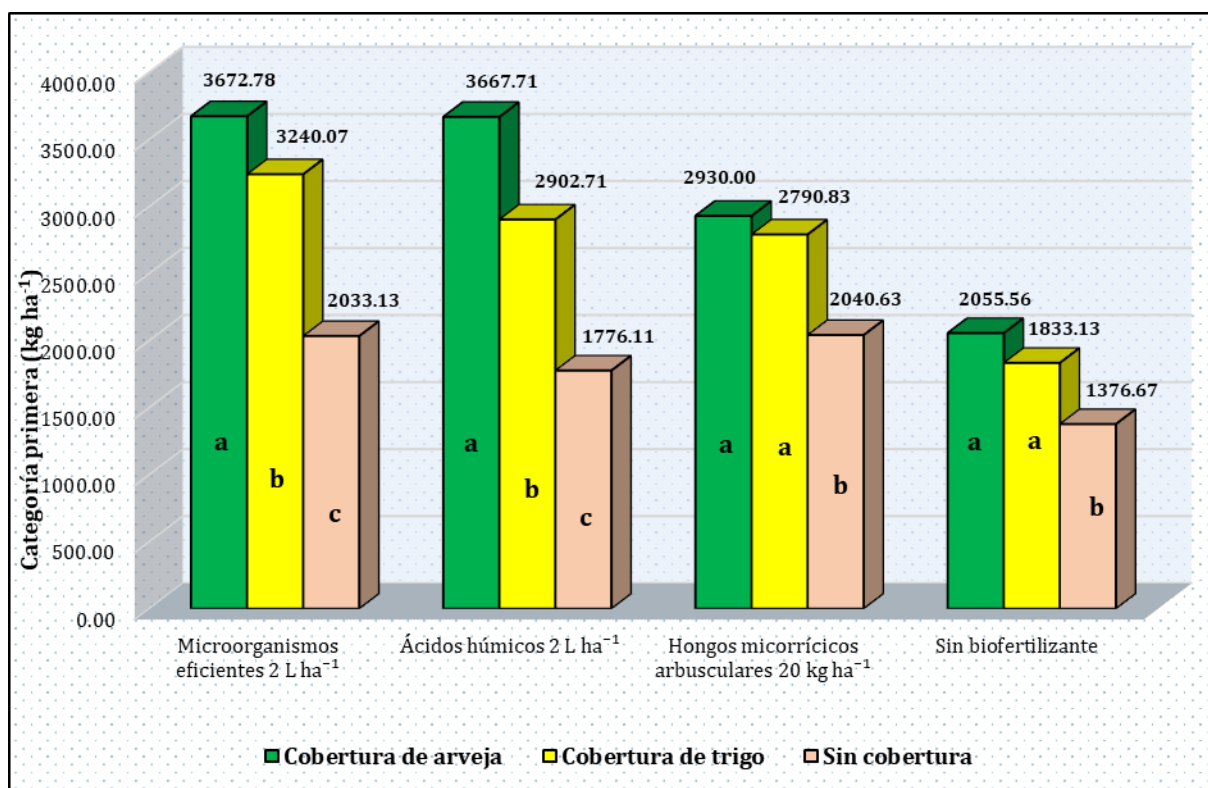
<b>F. Variación</b>	<b>G.L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	183861.00	91930.50	5.97	0.0629 ns
C. Vegetal (C)	2	10242384.19	5121192.10	332.78	<0.0001 **
Error (a)	4	61556.29	15389.07		
Biofertilizante (B)	3	7843948.86	2614649.62	203.19	<0.0001 **
Interacción (C * B)	6	1614501.56	269083.59	20.91	<0.0001 **
Error (b)	18	231622.29	12867.90		
Total	35	20177874.19			

C.V = 4.49 %

En la figura 3.7 se presenta la prueba de Tukey para los efectos simples de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el rendimiento de la categoría primera del maíz morado, donde todos los tratamientos con cobertura vegetal de arveja registraron los mayores rendimientos de maíz morado en la categoría primera, seguidos por aquellos con cobertura de trigo, independientemente del biofertilizante aplicado. Dentro de estas combinaciones, el tratamiento con microorganismos eficientes alcanzó el mayor rendimiento de categoría primera, con un valor de 3 672.78 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por el tratamiento con aplicación de ácidos húmicos, que reportó 3 667.71 kg ha<sup>-1</sup>. El tratamiento sin cobertura vegetal presentó el rendimiento más bajo, alcanzando 1 376.67 kg ha<sup>-1</sup>.

**Figura 3.7**

*Prueba de Tukey para los efectos simples de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el rendimiento de la categoría primera del maíz morado. Canaán, 2750 msnm*



Por su parte, Zambrano (2024) reportó rendimientos de categoría primaria entre 2 688.27 kg ha<sup>-1</sup> y 4 285.59 kg ha<sup>-1</sup>, al evaluar diferentes combinaciones de biofertilizantes y variedades de maíz morado. Dicho estudio se realizó bajo condiciones de Ambo – Huánuco, utilizando cuatro biofertilizantes comerciales (Biofit, 10 en uno, Nutrisorb y EMA) en combinación con dos variedades (INIA 601 y PMV-581).

De manera similar, Aguirre (2016) evaluó el efecto de diferentes dosis de ácidos húmicos (0, 180 y 360 L ha<sup>-1</sup>) en el rendimiento de maíz morado, reportando valores de categoría primaria entre 3 541.3 kg ha<sup>-1</sup> y 3 736.7 kg ha<sup>-1</sup>. Nuestros resultados se encuentran dentro de este rango.

Cabe señalar que el rendimiento más alto de la categoría primaria obtenido en el presente estudio (3 672.78 kg ha<sup>-1</sup>), correspondiente al tratamiento con microorganismos eficientes 2 L ha<sup>-1</sup> y cobertura vegetal de arveja, fue inferior al reportado por Mendoza (2017), quien alcanzó 4 244 kg ha<sup>-1</sup> en la variedad UNC-47, utilizando una fertilización

química de 160-110-50 de NPK y complementada con 4 t ha<sup>-1</sup> de estiércol. Esta diferencia podría atribuirse tanto al uso de fertilizantes químicos como a la variedad empleada.

### 3.2.8 Rendimiento de la categoría segunda

En la tabla 3.9 se presenta el análisis de varianza correspondiente al rendimiento de la categoría segunda del maíz morado, donde se observa que en la fuente de variación de cobertura vegetal (C) tuvo significación estadística, mientras que en la fuente de variación de biofertilizante (B) no hubo significación estadística. No obstante, en la interacción de cobertura vegetal y biofertilizantes (C × B) hubo alta significación estadística, lo cual indica que la respuesta del cultivo dependió de la combinación específica de ambos factores.

El coeficiente de variación fue 5.52% respalda la confiabilidad de los datos.

**Tabla 3.9**

*Análisis de varianza del rendimiento de la categoría segunda del maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm*

<b>F. Variación</b>	<b>G.L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	211533.26	105766.63	3.34	0.1404 ns
C. Vegetal (C)	2	1026260.86	513130.43	16.19	0.0121 *
Error (a)	4	126745.26	31686.32		
Biofertilizante (B)	3	68275.37	22758.46	0.73	0.5447 ns
Interacción (C * B)	6	3896116.49	649352.75	20.97	<0.0001 **
Error (b)	18	557418.22	30967.68		
Total	35	5886349.46			

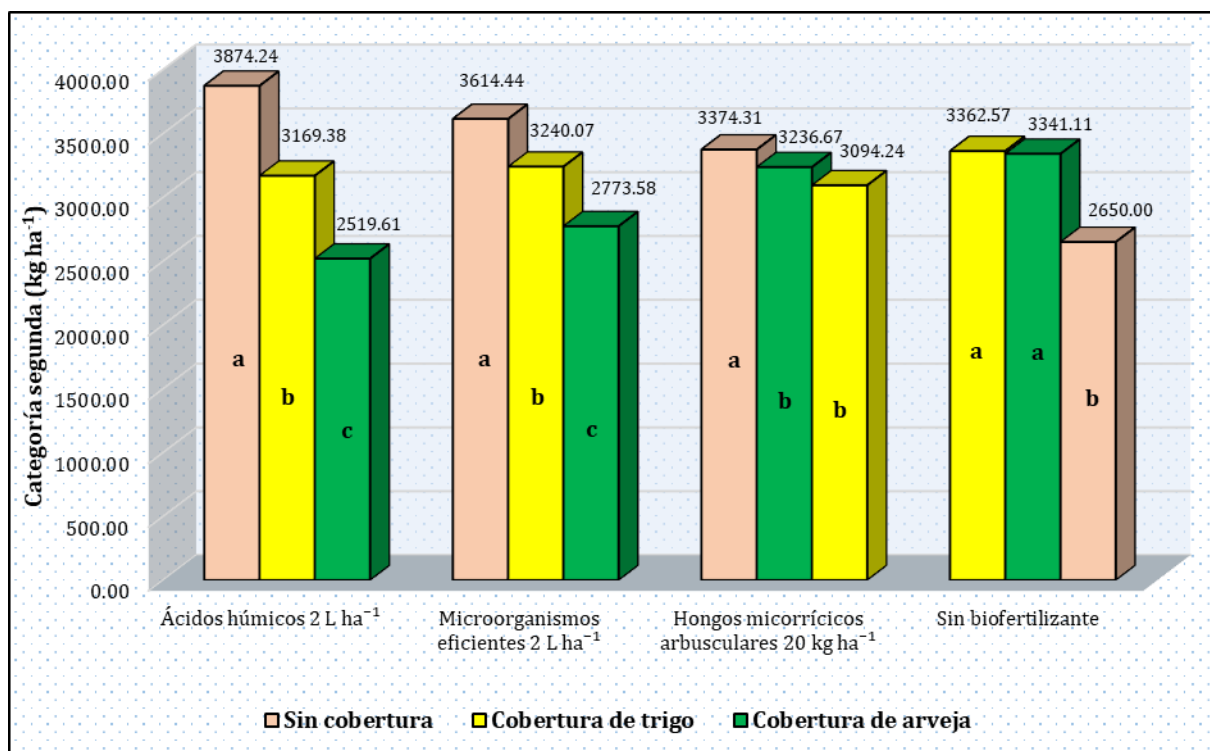
C.V = 5.52 %

En la figura 3.8 se presenta la prueba de Tukey para los efectos simples de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el rendimiento de la categoría segunda del maíz morado. En todos los tratamientos donde se aplicaron los biofertilizantes, se registraron los mayores rendimientos de mazorca categoría segunda con el tratamiento sin cobertura, seguido por la cobertura de trigo, con excepción del tratamiento sin biofertilizante, donde el mayor rendimiento se obtuvo con aplicación de cobertura de trigo. Dentro de estas combinaciones, el tratamiento sin cobertura y aplicación de ácidos húmicos alcanzó el mayor rendimiento de categoría segunda, con un valor de 3 874.24 kg ha<sup>-1</sup>. El rendimiento más bajo de la categoría

segunda del maíz morado se registró en la combinación de ácidos húmicos más cobertura de arveja con 2 519.61 kg ha<sup>-1</sup>.

**Figura 3.8**

*Prueba de Tukey para los efectos simples de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el rendimiento de la categoría segunda del maíz morado. Canaán, 2750 msnm*



Por otro lado, Aguirre (2016), no encontró diferencias estadísticas significativas al evaluar la aplicación de ácidos húmicos. En su estudio, los mayores rendimientos de la segunda categoría fueron de 2 540.5 kg ha<sup>-1</sup> en el nivel AH<sub>0</sub>, 2 500.2 kg ha<sup>-1</sup> en el nivel AH<sub>2</sub> y 2446.8 kg ha<sup>-1</sup> en el nivel AH<sub>3</sub>.

De acuerdo con Zambrano (2024), los promedios de la interacción variedad por biofertilizante presentaron diferencias significativas en el rendimiento de mazorcas de categoría segunda, siendo el tratamiento INIA-601 + EMA el de mayor rendimiento con 1 783.77 kg ha<sup>-1</sup>. En el presente estudio, se alcanzó un rendimiento superior de 3 874.24 kg ha<sup>-1</sup> con el biofertilizante ácidos húmicos 2 L ha<sup>-1</sup> y sin cobertura vegetal. Esta diferencia podría explicarse por posibles variaciones en el criterio de selección de mazorcas por categoría, lo cual influye directamente en la clasificación y cuantificación del rendimiento.

### 3.2.9 Rendimiento de la categoría tercera

En el análisis de varianza del rendimiento de maíz morado de la categoría tercera (tabla 3.10), se observa que hubo alta significación estadística en la fuente de variación de cobertura vegetal, biofertilizante y en la interacción de cobertura vegetal y biofertilizante. Esto indica que tanto la cobertura vegetal como los biofertilizantes influyeron de manera importante en el rendimiento de mazorcas de tercera categoría.

El coeficiente de variación fue 4.57 % indica que los datos presentan buena precisión experimental.

**Tabla 3.10**

*Análisis de varianza del rendimiento de la categoría tercera del maíz con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm*

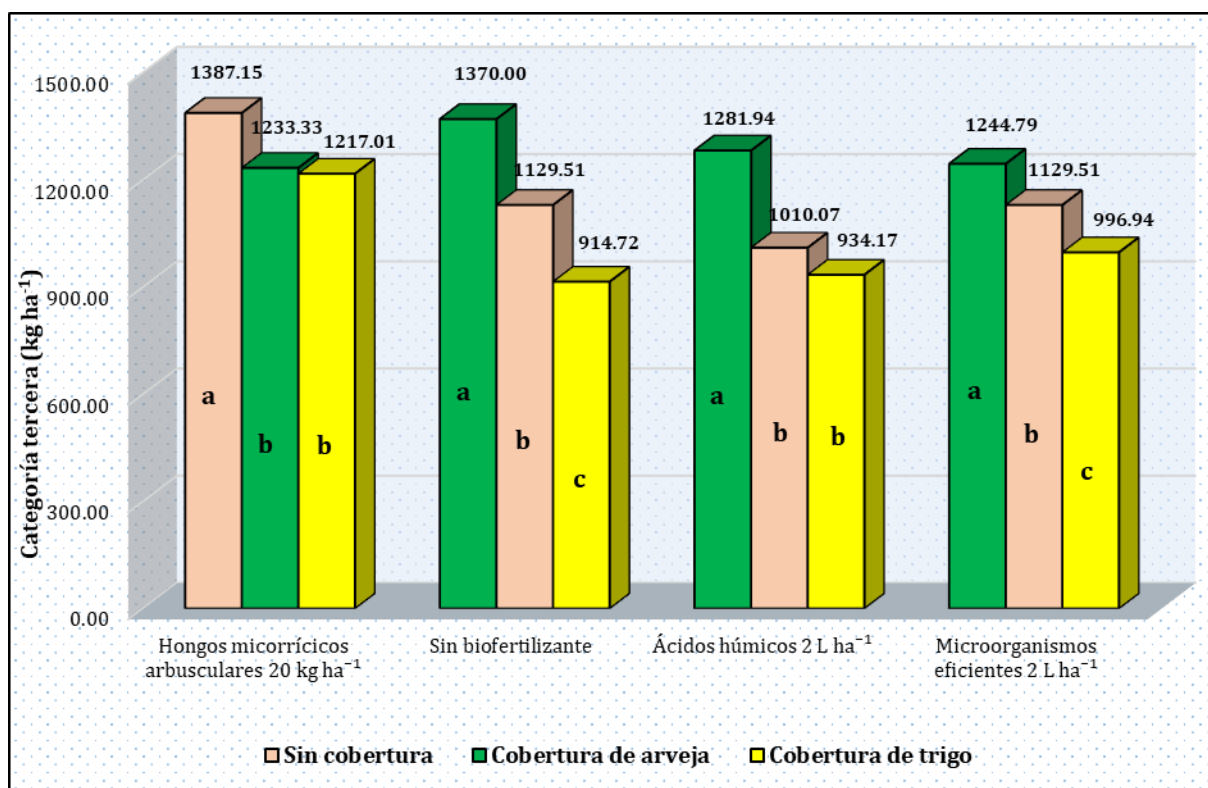
<b>F. Variación</b>	<b>G.L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	47945.96	23972.98	4.11	0.1071 ns
C. Vegetal (C)	2	429080.11	214540.06	36.79	0.0027 **
Error (a)	4	23328.17	5832.04		
Biofertilizante (B)	3	206852.52	68950.84	24.76	<0.0001 **
Interacción (C * B)	6	227818.69	37969.78	13.64	<0.0001 **
Error (b)	18	50119.43	2784.41		
Total	35	985144.89			

C.V = 4.57 %

En la figura 3.9 se presenta la prueba de Tukey para los efectos simples de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el rendimiento de la categoría tercera del maíz morado. En todos los tratamientos donde se aplicaron los biofertilizantes, se registraron los mayores rendimientos de mazorca categoría tercera con la aplicación de cobertura de arveja, seguido por el tratamiento donde no se aplicó cobertura alguna, con excepción del tratamiento con hongos micorrícicos arbusculares, donde el mayor rendimiento alcanzó con el tratamiento sin cobertura. Dentro de estas combinaciones, el tratamiento sin cobertura y aplicación de hongos micorrícicos arbusculares alcanzó el mayor rendimiento de categoría tercera, con un valor de 1 387.15 kg ha<sup>-1</sup>. El rendimiento más bajo de la categoría tercera del maíz morado se registró en la combinación de sin biofertilizante más cobertura de trigo con 914.72 kg ha<sup>-1</sup>.

**Figura 3.9**

*Prueba de Tukey para los efectos simples de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el rendimiento de la categoría tercera del maíz morado. Canaán, 2750 msnm*



De acuerdo con lo reportado por Lopez (2019), los rendimientos en la categoría tercera fueron de 394.3 kg ha<sup>-1</sup> con 80 000 plantas ha<sup>-1</sup>, 319.1 kg ha<sup>-1</sup> con 70 000 plantas ha<sup>-1</sup> y 295.0 kg ha<sup>-1</sup> con 60 000 plantas ha<sup>-1</sup>. En su estudio se evaluaron distintas densidades de siembra en maíz morado, aplicando fósforo en diferentes momentos del desarrollo del cultivo.

Por su parte, Zambrano (2024), reportó que en la categoría tercera el mayor rendimiento que obtuvo fue de 1 109.04 kg ha<sup>-1</sup> con el tratamiento T1 (INIA-601 + Biofit), mientras que el menor rendimiento obtenido fue de 666.88 kg ha<sup>-1</sup> con el tratamiento T8 (PMV-581 + EMA). En su investigación evaluó el efecto de 4 biofertilizantes en el suelo y en el rendimiento de 2 variedades de maíz morado.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que no se puede hacer una comparación exacta con otros estudios, ya que el criterio utilizado para clasificar el rendimiento por categorías puede ser diferente. Esto podría influir en los resultados y hacer que no sean totalmente equivalentes.

### **3.3. Análisis de costos y beneficios**

En la tabla 3.11 se muestra el análisis costo-beneficio de los tratamientos evaluados en el rendimiento por categoría del maíz morado, donde se visualiza que todos los tratamientos obtuvieron valores mayores a cero, lo cual evidencia su viabilidad económica en las condiciones del experimento. El tratamiento T6, con cobertura de arveja y EM 2 L ha<sup>-1</sup>, registró la mayor relación de B/C con valor de 1.02, seguido por el tratamiento T8, con cobertura de arveja y AH 2 L ha<sup>-1</sup> y cobertura de trigo + EM 2 L ha<sup>-1</sup> con un B/C de 0.98 y 0.96, respectivamente. En cambio, el tratamiento T1, sin cobertura ni biofertilizante, presentó la menor relación de B/C con un valor de 0.37, lo que indica que la ausencia de cobertura vegetal y biofertilización reduce significativamente la eficiencia económica del cultivo.

**Tabla 3.11**

*Análisis costo-beneficio de los tratamientos evaluados en el rendimiento por categoría del maíz morado. Canaán, 2750 msnm*

Trat.	Descripción	Costo de producción (ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )			Precio de venta (\$/ por kg)			Venta Total (\$/)	Utilidad (\$/)	B/C
			Primera	Segunda	Tercera	Primera	Segunda	Tercera			
T6	Cobertura de arveja y EM 2 L ha <sup>-1</sup>	6191.75	3672.78	2773.58	1244.79	2.00	1.50	0.80	12501.76	6310.01	1.02
T8	Cobertura de arveja y AH 2 L ha <sup>-1</sup>	6116.85	3667.71	2519.61	1281.94	2.00	1.50	0.80	12140.39	6023.54	0.98
T10	Cobertura de trigo y EM 2 L ha <sup>-1</sup>	6191.75	3240.07	3240.07	996.94	2.00	1.50	0.80	12137.80	5946.05	0.96
T12	Cobertura de trigo y AH 2 L ha <sup>-1</sup>	6116.85	2902.71	3169.38	934.17	2.00	1.50	0.80	11306.81	5189.96	0.85
T2	Sin cobertura y EM 2 L ha <sup>-1</sup>	5817.25	2033.13	3614.44	1129.51	2.00	1.50	0.80	10391.53	4574.28	0.79
T4	Sin cobertura y AH 2 L ha <sup>-1</sup>	5742.35	1776.11	3874.24	1010.07	2.00	1.50	0.80	10171.63	4429.28	0.77
T5	Cobertura de arveja y sin biofertilizante	5934.95	2055.56	3341.11	1370.00	2.00	1.50	0.80	10218.78	4283.83	0.72
T7	Cobertura de arveja y HMA 20 kg ha <sup>-1</sup>	7047.75	2930.00	3236.67	1233.33	2.00	1.50	0.80	11701.67	4653.92	0.66
T9	Cobertura de trigo y sin biofertilizante	5934.95	1833.13	3362.57	914.72	2.00	1.50	0.80	9441.88	3506.93	0.59
T11	Cobertura de trigo y HMA 20 kg ha <sup>-1</sup>	7047.75	2790.83	3094.24	1217.01	2.00	1.50	0.80	11196.63	4148.88	0.59
T3	Sin cobertura y HMA 20 kg ha <sup>-1</sup>	6673.25	2040.63	3374.31	1387.15	2.00	1.50	0.80	10252.43	3579.18	0.54
T1	Sin cobertura y sin biofertilizante	5560.45	1376.67	2650.00	1132.50	2.00	1.50	0.80	7634.33	2073.88	0.37

*Nota.* EM: Microorganismos eficientes, AH: Ácido húmico, HMA: Hongos micorrízicos arbusculares

## CONCLUSIONES

1. La aplicación de microorganismos eficientes, hongos micorrícicos arbusculares y ácidos húmicos, sobre una fertilización orgánica de base con 4.5 t ha<sup>-1</sup> de gallinaza, tuvo un efecto positivo en la altura de planta, longitud, diámetro y peso de la mazorca, además del peso de 1000 granos. En los tratamientos con microorganismos eficientes, la mayoría de estas variables mostraron los valores más elevados.
2. La utilización de coberturas vegetales, en particular la cobertura con arveja, impulsó de manera significativa el desarrollo morfológico y el rendimiento del maíz morado. Esta cobertura incrementó la altura de planta, longitud y el diámetro de la mazorca, así como el rendimiento total de la mazorca y de categoría primera, en comparación con el tratamiento sin cobertura.
3. La mayor eficiencia económica se obtuvo con la combinación de microorganismos eficientes y cobertura vegetal de arveja, alcanzando una relación B/C de 1.02; esto la convierte en la opción más rentable y sostenible para cultivar maíz morado bajo las circunstancias del estudio actual.

## RECOMENDACIONES

1. Incentivar a los productores de maíz morado para que empleen biofertilizantes y coberturas vegetales de leguminosas (arvejas), complementadas con una fertilización orgánica de base equivalente a  $4.5 \text{ t ha}^{-1}$  de gallinaza como una práctica recomendable.
2. Repetir este estudio en otros cultivos agrícolas para confirmar la efectividad de los biofertilizantes en diversas especies y condiciones edafoclimáticas.
3. Llevar a cabo estudios complementarios acerca de los biofertilizantes que faciliten un análisis más detallado de su impacto no solo en el rendimiento del cultivo, sino también en las características físicas y químicas del suelo.
4. Considerar en investigaciones futuras la posibilidad de evaluar dosis reducidas de gallinaza, tomando como referencia la dosis de  $4.5 \text{ t ha}^{-1}$  aplicada en este estudio, con el objetivo de reducir los costos de producción sin afectar significativamente el rendimiento del cultivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, E. (2016). *Efecto de la aplicación de humatos de potasio y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado cv. Prosemillas (Zea mays L.) bajo RLAF: goteo* [[Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1977>
- Allouzi, M. M. A., Allouzi, S. M. A., Keng, Z. X., Supramaniam, C. V., Singh, A., & Chong, S. (2022). Liquid biofertilizers as a sustainable solution for agriculture. *Heliyon*, 8(12), e12609. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12609>
- Baca, E. (2015). *Influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos en el crecimiento y desarrollo en betarraga (Beta vulgaris l). en condiciones de invernadero*. [Tesis para optar título profesional]. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Brundrett, M. C., Walker, C., Harper, C. J., & Krings, M. (2018). Fossils of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Give Insights Into the History of a Successful Partnership With Plants. In *Transformative Paleobotany* (pp. 461–480). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813012-4.00019-X>
- Cabrera, F. (2017). *Efecto antagónico entre hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y nematodos de nudos (Meloidogyne spp.) en plántulas de sachá inchi (Plukenetia volubilis l.), en la región San Martín*. [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.
- Camarena-Gutiérrez, G. (2012). Interacción planta-Hongos Micorrízicos Arbusculares. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 18(3), 409–421. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.11.093>
- Carbonelli, Z. (2020). *Microorganismos eficientes en la fenología y rendimiento del maíz morado (Zea mays L) en Huaral – Lima*. [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Carpanez, T. G., Moreira, V. R., Assis, I. R., & Amaral, M. C. S. (2022). Sugarcane vinasse as organo-mineral fertilizers feedstock: Opportunities and environmental risks. *Science of The Total Environment*, 832, 154998. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154998>
- Carrillo-Saucedo, S. M., Puente-Rivera, J., Montes-Recinas, S., & Cruz-Ortega, R. (2022). Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta Botanica Mexicana*, 129. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932>
- Chávez, G. (2012). *Evaluación de la aplicación de cinco dosis de microorganismos eficientes, para el control de Pythium sp. y Fusarium sp. en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa) variedad great lakes 659 en Lamas – San Martín*”. [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.
- Chianese, S., Fenti, A., Iovino, P., Musmarra, D., & Salvestrini, S. (2020). Sorption of Organic Pollutants by Humic Acids: A Review. *Molecules*, 25(4), 918. <https://doi.org/10.3390/molecules25040918>

- Dhalaria, R., Kumar, D., Kumar, H., Nepovimova, E., Kuča, K., Torequl Islam, M., & Verma, R. (2020). Arbuscular Mycorrhizal Fungi as Potential Agents in Ameliorating Heavy Metal Stress in Plants. *Agronomy*, *10*(6), 815. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060815>
- EM Producción y Tecnología [EMPROTEC]. (2011). *EM Producción y Tecnología S,A, Guía de la Tecnología EM, San Juan de Tibás*. Costa Rica,C.A. [emprotec@racsa.co.cr](mailto:emprotec@racsa.co.cr).
- Escalante, H. (2014). *Métodos de inoculación de dos cepas de Azospirillum sp en plantas de maíz morado (Zea mays L.) en Huanta a 2650 msnm*. [Tesis para obtener título profesional]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Faife-Pérez, E., Roget-Guevara, D., Tortoló-Cabañas, K., & Michelena-Álvarez, G. (2018). Empleo de microorganismos eficientes como alternativa para el tratamiento de residuales. *ICIDCA Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, *52*(3).
- Fasusi, O. A., Cruz, C., & Babalola, O. O. (2021). Agricultural Sustainability: Microbial Biofertilizers in Rhizosphere Management. *Agriculture*, *11*(2), 163. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020163>
- Flores, E. (2012). *Producción de semilla de maíz morado (Zea mays L) variedad LP-101 Canaan (2750 m.s.n.m)- Ayacucho*. [Tesis para optar el título profesional]. Universidad Nacional De San Cristóbal de Huamanga.
- Gao, X., Guo, H., Zhang, Q., Guo, H., Zhang, L., Zhang, C., Gou, Z., Liu, Y., Wei, J., Chen, A., Chu, Z., & Zeng, F. (2020). Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) enhanced the growth, yield, fiber quality and phosphorus regulation in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Scientific Reports*, *10*(1), 2084. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59180-3>
- Garcia, D. (2021). *Principales enfermedades del maíz* [[Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle]. <https://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/8265>
- García-Santiago, J. C., González-Fuentes, J. A., Rojas-Duarte, A., Hernández-Pérez, A., Aureoles-Rodríguez, F., & Martínez-Mares, R. (2023). Los ácidos húmicos reducen la adición de NPK y mejoran la calidad de mango. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *10*(1). <https://doi.org/10.19136/era.a10n1.3319>
- Girón, J., & Llallahui, C. (2018). Abonamiento orgánico y microorganismos eficientes en la absorción de fósforo por maíz morado (*Zea mays* l.) - Ayacucho. *Revistas de Investigación UNSCH*, 11–16.
- Guadalupe, N. (2021). *Efecto de hongos micorrícicos arbusculares sobre la producción de Plukenetia volubilis L., en diferentes condiciones agroecológicas de la región de San Martín*. [Tesis para optar el Título Profesional]. Universidad Nacional de San Martín .
- Gutiérrez, B. (2019). *Biofertilización con hongos micorrícicos arbusculares y Azospirillum sp. en el rendimiento de maíz amiláceo (Zea mays L.) en Quinua a 3180 msnm - Ayacucho* . [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

- Gutiérrez, V., Castorena, C., & Ortiz, A. (2015). Manejo integrado de nutrientes en sistemas agrícolas intensivos: revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1–6. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342015000100017](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000100017)
- Hoyos, D., Alvis, N., Jabib L., Garcés, M., & Pérez, D. (2008). Utilidad de los microorganismos ecaces (EM®) en una explotación avícola de Córdoba: parámetros productivos y control ambiental. *Revista MVZ Córdoba*, 1369–1379.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. (2020). *Manual técnico del cultivo de maíz amarillo duro*. Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstreams/8ed96b4a-8404-4424-824a-2de73bbd2277/download>
- Jerí, A. (2022). *Métodos de control y manejo de plagas por cultivo*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Humanga.
- Jiang, Y., Wang, W., Xie, Q., Liu, N., Liu, L., Wang, D., Zhang, X., Yang, C., Chen, X., Tang, D., & Wang, E. (2017). Plants transfer lipids to sustain colonization by mutualistic mycorrhizal and parasitic fungi. *Science*, 356(6343), 1172–1175. <https://doi.org/10.1126/science.aam9970>
- Joshi, H., Duttand, S., Choudhary, P., & Mundra, S. L. (2019). Role of Effective Microorganisms (EM) in Sustainable Agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(03), 172–181. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.024>
- Khan, I., Iqbal, B., Khan, A. A., Inamullah, Rehman, A., Fayyaz, A., Shakoora, A., Farooq, T. H., & Wang, L. (2022). The Interactive Impact of Straw Mulch and Biochar Application Positively Enhanced the Growth Indexes of Maize (*Zea mays* L.) Crop. *Agronomy*, 12(10), 2584. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102584>
- Kumar, S., Diksha, Sindhu, S. S., & Kumar, R. (2022). Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability. *Current Research in Microbial Sciences*, 3, 100094. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100094>
- Lanfranco, L., Bonfante, P., & Genre, A. (2016). The Mutualistic Interaction between Plants and Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Microbiology Spectrum*, 4(6). <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0012-2016>
- Lao, F., Sigurdson, G., & Giusti, M. (2017). Health Benefits of Purple Corn ( *Zea mays* L.) Phenolic Compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2), 234–246. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12249>
- Lee, S.-K., Lur, H.-S., Lo, K.-J., Cheng, K.-C., Chuang, C.-C., Tang, S.-J., Yang, Z.-W., & Liu, C.-T. (2016). Evaluation of the effects of different liquid inoculant formulations on the survival and plant-growth-promoting efficiency of *Rhodospseudomonas palustris* strain PS3. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(18), 7977–7987. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7582-9>
- Liu, S., Wang, L., Chang, L., Khan, I., Nadeem, F., Rehman, A., & Suo, R. (2023). Evaluating the influence of straw mulching and intercropping on nitrogen uptake, crop

- growth, and yield performance in maize and soybean. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1280382>
- Li, Y., Chai, S., Chai, Y., Li, R., Lan, X., Ma, J., Cheng, H., & Chang, L. (2021). Effects of mulching on soil temperature and yield of winter wheat in the semiarid rainfed area. *Field Crops Research*, 271, 108244. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108244>
- Lopez, S. (2019). *Densidad de siembra y momentos de aplicación de fósforo en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) bajo goteo* [[Tesis para optar el título profesional]. Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3963>
- Macedo, A. (2019). *Efecto de “ácidos húmicos” y “compost” en el rendimiento de frutos de sandía (Citrullus lanatus thunb) variedad santa amelia*. [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Macik, M., Gryta, A., & Frac, M. (2020). *Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms* (pp. 31–87). <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.001>
- Mahanty, T., Bhattacharjee, S., Goswami, M., Bhattacharyya, P., Das, B., Ghosh, A., & Tribedi, P. (2017). Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(4), 3315–3335. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8104-0>
- Manrique, A. (1997). *El maíz en el Perú* (T. e I. T.-C. Consejo Nacional de Ciencia, Ed.; 2da ed.).
- Medina, A., Yoshino, M., & Maruyama, H. (2022). *Guía de Manejo del Cultivo de Maíz Morado (Zea mays L.)* (Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA, Ed.; Vol. 1). <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/421>
- Mendoza, N. (2017). *Contenido de antocianina y rendimiento de seis variedades de maíz morado (Zea mays l.) Canaán 2735 msnm - Ayacucho*. [Tesis para optar el título profesional]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Mendoza, O. (2022). *Determinación del efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado (Zea mays L.) Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica*. [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional San Luis de Gonzaga.
- Mercado, S. (2022). *Efectos de la aplicación de extractos de algas marinas en el rendimiento de maíz morado (Zea mays l.) en Santa*. [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional del Santa.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2022). *Boletines informativos de producción agrícola*. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anales/4-agricola>
- Mitter, E. K., Tosi, M., Obregón, D., Dunfield, K. E., & Germida, J. J. (2021). Rethinking Crop Nutrition in Times of Modern Microbiology: Innovative Biofertilizer Technologies. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.606815>

- Narro, P., & Piña, P. (2021). *Manual de producción de maíz amilácea* (Instituto Nacional de Innovación Agraria, Ed.). <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1310>
- Ñaupari, E. (2015). *Evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficientes (ME) en cultivo de Zea mays L. (Maíz amarillo duro) en la zona de Satipo*. [[Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4021/%c3%91aupari%20Alcoser.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ordoñez, C. (2009). *Interacción sinérgica entre hongos formadores de micorrizas arbusculares-pseudomonas fluorescens y su relación en la nutrición vegetal de fósforo*. [Tesis de Maestría en Microbiología]. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. Bogotá.
- Palomino F. (2015). *Efecto de Biofertilizantes en el Rendimiento de Dos Variedades de Maíz Morado (Zea Mays L.). Canaán (2735 Msnm) - Ayacucho*. [Tesis para optar el título profesional]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Pinedo, R., Rodríguez, G., & Valverde, N. (2015). Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mays L.*) en la localidad de Canaán-Ayacucho. In *Revista UNASAM - Aporte Santiaguino*. [Tesis para optar el grado de magister]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Plan Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos y Aguas [PRONAMACHS]. (2014). *Manejo y conservación de suelos y aguas. Principios básicos y práctica*. Lima. Perú.
- Poma, G. (2020). *Labranza conservacionista y mulch en el rendimiento de maíz amarillo duro (Zea mays L.), Variedad Marginal 28 T, Pichari 550 msnm, Cusco*. [Tesis para optar el título profesional]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Quispe, Y., & Chávez, C. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus L.*), municipio de Achocalla. *Apthapi.*, 3(3), 652–666.
- Ramadhan, M. (2021). Yield and yield components of maize and soil physical properties as affected by tillage practices and organic mulching. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(12), 7152–7159. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.005>
- Reginatto, M., Bonome, L. T. da S., Giovanetti, L. K., Bittencourt, H. von H., Tormen, L., & Conceição, P. C. (2020). Allelopathic potential from cover crops aqueous extract on weeds and maize. *Research, Society and Development*, 9(10), e5859108579. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8579>
- Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., Solórzano-Cedeño, A. E., Carballo-Méndez, F. de J., Lucero-Vega, G., & Ruiz-Espinoza, F. H. (2021). Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrícicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento. *Revista Terra Latinoamericana*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.833>
- Riaz, U., Mehdi, S. M., Iqbal, S., Khalid, H. I., Qadir, A. A., Anum, W., Ahmad, M., & Murtaza, G. (2020). Bio-fertilizers: Eco-Friendly Approach for Plant and Soil

- Environment. In *Bioremediation and Biotechnology* (pp. 189–213). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-35691-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-35691-0_9)
- Risco, M. (2007). *Conociendo cadena productiva del maíz morado en Ayacucho* (Solid Perú, Ed.). <https://pablosaraviatasayco.com/wp-content/uploads/2015/01/conociendo-la-cadena-productiva-del-maiz-morado-en-ayacucho.pdf>
- Salvador-Reyes, R., & Clerici, M. T. P. S. (2020). Peruvian Andean maize: General characteristics, nutritional properties, bioactive compounds, and culinary uses. *Food Research International*, *130*, 108934. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108934>
- Sanchez, G., Goodman, M. M., & Stuber, C. W. (2000). Isozymatic and Morphological Diversity in the Races of Maize of Mexico. *Economic Botany*, *54*(1), 43–59. <https://doi.org/10.1007/BF02866599>
- Shahrajabian, M. H., Chaski, C., Polyzos, N., & Petropoulos, S. A. (2021). Biostimulants Application: A Low Input Cropping Management Tool for Sustainable Farming of Vegetables. *Biomolecules*, *11*(5), 698. <https://doi.org/10.3390/biom11050698>
- Smith, S., & Read, D. (2010). *Mycorrhizal Symbiosis*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370526-6.X5001-6>
- Su, P., Tan, X., Li, C., Zhang, D., Cheng, J., Zhang, S., Zhou, X., Yan, Q., Peng, J., Zhang, Z., Liu, Y., & Lu, X. (2017). Photosynthetic bacterium *Rhodospseudomonas palustris* GJ-22 induces systemic resistance against viruses. *Microbial Biotechnology*, *10*(3), 612–624. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12704>
- Tanya, M., & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, *46*(2).
- Torres, K. (2021). *Abonos orgánicos y densidad de plantas en el rendimiento del maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2735 msnm - Ayacucho*. [Tesis para obtener título profesional]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Umesha, S., K. Singh, P., & P. Singh, R. (2018). Microbial Biotechnology and Sustainable Agriculture. In *Biotechnology for Sustainable Agriculture* (pp. 185–205). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812160-3.00006-4>
- Zambrano, C. (2024). *Efecto de cuatro biofertilizantes en el suelo y rendimiento de dos variedades de maíz morado en condiciones de Ambo – Huánuco*. [Tesis para optar grado académico de magister]. Universidad Nacional del Altiplano.
- Zeballos, D. (2017). *Efecto de microorganismos eficaces en el rendimiento de cultivares de maíz forrajeros (Zea mays l.) en el C.P.M Los Palos, región Tacna, 2015*. [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna.
- Zhang, J.-X. (2022). Study on the Effect of Straw Mulching on Farmland Soil Water. *Journal of Environmental and Public Health*, *2022*(1). <https://doi.org/10.1155/2022/3101880>
- Zhang, Y., Wang, J., Gong, S., Xu, D., & Mo, Y. (2019). Straw mulching enhanced the photosynthetic capacity of field maize by increasing the leaf N use efficiency. *Agricultural Water Management*, *218*, 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.023>

- Zuta, M. (2024a). *Evaluación de bioestimulantes aplicados en diferentes momentos en el rendimiento y comportamiento agronómico de Zea mays variedad INIA 603-Choclero*. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera agrónoma]. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Zuta, M. (2024b). *Evaluación de bioestimulantes aplicados en diferentes momentos en el rendimiento y comportamiento agronómico de Zea mays variedad INIA 603 – choclero*. [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

# ANEXOS

Anexo 1. Detalles de costos de producción por tratamiento

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ INIA 615 - NEGRO CANAÁN POR HECTÁREA</b>						
<b>Tratamiento: T1</b>			<b>Campaña agrícola: 2024 - 2025</b>			
<b>Descripción: Sin cobertura y sin biofertilizante</b>			<b>Época de siembra: Diciembre-Junio</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Total S/</b>
<b>01. Costos directos</b>						<b>4935.00</b>
<b>01.01 Preparación del terreno</b>						<b>410.00</b>
01.01.01	Limpieza del terreno	Jornal	1.00	50.00	50.00	
01.01.02	Arado	hm	4.00	60.00	240.00	
01.01.03	Pasada de rastra y nivelado	hm	2.00	60.00	120.00	
<b>01.02 Siembra</b>						<b>570.00</b>
01.02.01	Surcado	hm	2.00	60.00	120.00	
01.02.02	Aplicación de gallinaza	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.02.03	Colocación de semillas	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.02.04	Tapado de semilla	Jornal	4.00	50.00	200.00	
<b>01.03 Labores culturales</b>						<b>1150.00</b>
01.03.01	Deshierbo	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.02	1er aporque	Jornal	10.00	50.00	500.00	
01.03.04	2do aporque	Jornal	8.00	50.00	400.00	
01.03.06	Control fitosanitario	Jornal	2.00	50.00	100.00	
<b>01.04 Cosecha</b>						<b>500.00</b>
01.04.01	Despanque, ensacado, pesado y otros	Jornal	10.00	50.00	500.00	
<b>01.05 Insumos</b>						<b>2715.00</b>
01.05.01	Semilla	kg	35.00	10.00	350.00	
01.05.02	Abono de base-gallinaza	sacos	115.00	20.00	2300.00	
01.05.07	Insecticida Cyplerklin 25	L	1.00	65.00	65.00	
<b>II. Costos Indirectos</b>						<b>625.45</b>
	Herramientas y materiales	Glb		200	200.00	
	Análisis de suelo	Unidad	1.00	80	80.00	
	Gastos administrativos (5% C.D)	Glb			246.75	
	Imprevistos (2% C.D)	Glb			98.70	
<b>Costo Total</b>						<b>5560.45</b>

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ INIA 615 - NEGRO CANAÁN POR HECTÁREA</b>						
<b>Tratamiento: T2</b>			<b>Campaña agrícola: 2024 - 2025</b>			
<b>Descripción: Sin cobertura y microorganismos eficientes 2 L ha<sup>-1</sup></b>			<b>Época de siembra: Diciembre-Junio</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Total S/</b>
<b>01. Costos directos</b>						<b>5175.00</b>
<b>01.01 Preparación del terreno</b>						<b>410.00</b>
01.01.01	Limpieza del terreno	Jornal	1.00	50.00	50.00	
01.01.02	Arado	hm	4.00	60.00	240.00	
01.01.03	Pasada de rastra y nivelado	hm	2.00	60.00	120.00	
<b>01.02 Siembra</b>						<b>570.00</b>
01.02.01	Surcado	hm	2.00	60.00	120.00	
01.02.02	Aplicación de gallinaza	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.02.03	Colocación de semillas	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.02.04	Tapado de semilla	Jornal	4.00	50.00	200.00	
<b>01.03 Labores culturales</b>						<b>1250.00</b>
01.03.01	Deshierbo	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.02	1er aporque	Jornal	10.00	50.00	500.00	
01.03.04	2do aporque	Jornal	8.00	50.00	400.00	
01.03.05	Aplicación de biofertilizantes	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.03.06	Control fitosanitario	Jornal	2.00	50.00	100.00	
<b>01.04 Cosecha</b>						<b>500.00</b>
01.04.01	Despanque, ensacado, pesado y otros	Jornal	10.00	50.00	500.00	
<b>01.05 Insumos</b>						<b>2855.00</b>
01.05.01	Semilla	kg	35.00	10.00	350.00	
01.05.02	Abono de base-gallinaza	sacos	115.00	20.00	2300.00	
01.05.04	Microorganismos Eficaces (EM-COMPOST)	L	2.00	70.00	140.00	
01.05.07	Insecticida Cyplerklin 25	L	1.00	65.00	65.00	
<b>II. Costos Indirectos</b>						<b>642.25</b>
	Herramientas y materiales	Glb		200	200.00	
	Análisis de suelo	Unidad	1.00	80	80.00	
	Gastos administrativos (5% C.D)	Glb			258.75	
	Imprevistos (2% C.D)	Glb			103.50	
<b>Costo Total</b>						<b>5817.25</b>

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ INIA 615 - NEGRO CANAÁN POR HECTÁREA</b>						
<b>Tratamiento:</b> T3			<b>Campaña agrícola:</b> 2024 - 2025			
<b>Descripción:</b> Sin cobertura y hongos micorrícicos arbusculares			<b>Época de siembra:</b> Diciembre-Junio			
20 kg ha <sup>-1</sup>						
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Total S/</b>
<b>01. Costos directos</b>						<b>5975.00</b>
<b>01.01 Preparación del terreno</b>						<b>410.00</b>
01.01.01	Limpieza del terreno	Jornal	1.00	50.00	50.00	
01.01.02	Arado	hm	4.00	60.00	240.00	
01.01.03	Pasada de rastra y nivelado	hm	2.00	60.00	120.00	
<b>01.02 Siembra</b>						<b>570.00</b>
01.02.01	Surcado	hm	2.00	60.00	120.00	
01.02.02	Aplicación de gallinaza	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.02.03	Colocación de semillas	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.02.04	Tapado de semilla	Jornal	4.00	50.00	200.00	
<b>01.03 Labores culturales</b>						<b>1250.00</b>
01.03.01	Deshierbo	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.02	1er aporque	Jornal	10.00	50.00	500.00	
01.03.04	2do aporque	Jornal	8.00	50.00	400.00	
01.03.05	Aplicación de biofertilizantes	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.03.06	Control fitosanitario	Jornal	2.00	50.00	100.00	
<b>01.04 Cosecha</b>						<b>500.00</b>
01.04.01	Despanque, ensacado, pesado y otros	Jornal	10.00	50.00	500.00	
<b>01.05 Insumos</b>						<b>3655.00</b>
01.05.01	Semilla	kg	35.00	10.00	350.00	
01.05.02	Abono de base-gallinaza	sacos	115.00	20.00	2300.00	
01.05.06	Myco-Grom (HMA)	kg	20.00	47.00	940.00	
01.05.07	Insecticida Cyplerklin 25	L	1.00	65.00	65.00	
<b>II. Costos Indirectos</b>						<b>698.25</b>
	Herramientas y materiales	Glb		200	200.00	
	Análisis de suelo	Unidad	1.00	80	80.00	
	Gastos administrativos (5% C.D)	Glb			298.75	
	Imprevistos (2% C.D)	Glb			119.50	
<b>Costo Total</b>						<b>6673.25</b>

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ INIA 615 - NEGRO CANAÁN POR HECTÁREA</b>						
<b>Tratamiento:</b> T4			<b>Campaña agrícola:</b> 2024 - 2025			
<b>Descripción:</b> Sin cobertura y ácidos húmicos 2 L ha <sup>-1</sup>			<b>Época de siembra:</b> Diciembre-Junio			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Total S/</b>
<b>01. Costos directos</b>						<b>5105.00</b>
<b>01.01 Preparación del terreno</b>						<b>410.00</b>
01.01.01	Limpieza del terreno	Jornal	1.00	50.00	50.00	
01.01.02	Arado	hm	4.00	60.00	240.00	
01.01.03	Pasada de rastra y nivelado	hm	2.00	60.00	120.00	
<b>01.02 Siembra</b>						<b>570.00</b>
01.02.01	Surcado	hm	2.00	60.00	120.00	
01.02.02	Aplicación de gallinaza	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.02.03	Colocación de semillas	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.02.04	Tapado de semilla	Jornal	4.00	50.00	200.00	
<b>01.03 Labores culturales</b>						<b>1250.00</b>
01.03.01	Deshierbo	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.02	1er aporque	Jornal	10.00	50.00	500.00	
01.03.04	2do aporque	Jornal	8.00	50.00	400.00	
01.03.05	Aplicación de biofertilizantes	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.03.06	Control fitosanitario	Jornal	2.00	50.00	100.00	
<b>01.04 Cosecha</b>						<b>500.00</b>
01.04.01	Despanque, ensacado, pesado y otros	Jornal	10.00	50.00	500.00	
<b>01.05 Insumos</b>						<b>2785.00</b>
01.05.01	Semilla	kg	35.00	10.00	350.00	
01.05.02	Abono de base-gallinaza	sacos	115.00	20.00	2300.00	
01.05.05	Phos-Humic NK (Ácido húmico)	L	2.00	35.00	70.00	
01.05.07	Insecticida Cyplerklin 25	L	1.00	65.00	65.00	
<b>II. Costos Indirectos</b>						<b>637.35</b>
	Herramientas y materiales	Glb		200	200.00	
	Análisis de suelo	Unidad	1.00	80	80.00	
	Gastos administrativos (5% C.D)	Glb			255.25	
	Imprevistos (2% C.D)	Glb			102.10	
<b>Costo Total</b>						<b>5742.35</b>

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ INIA 615 - NEGRO CANAÁN POR HECTÁREA</b>						
<b>Tratamiento:</b> T5			<b>Campaña agrícola:</b> 2024 - 2025			
<b>Descripción:</b> Cobertura de arveja y sin biofertilizante			<b>Época de siembra:</b> Diciembre-Junio			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Total S/</b>
<b>01. Costos directos</b>						<b>5285.00</b>
<b>01.01 Preparación del terreno</b>						<b>410.00</b>
01.01.01	Limpieza del terreno	Jornal	1.00	50.00	50.00	
01.01.02	Arado	hm	4.00	60.00	240.00	
01.01.03	Pasada de rastra y nivelado	hm	2.00	60.00	120.00	
<b>01.02 Siembra</b>						<b>570.00</b>
01.02.01	Surcado	hm	2.00	60.00	120.00	
01.02.02	Aplicación de gallinaza	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.02.03	Colocación de semillas	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.02.04	Tapado de semilla	Jornal	4.00	50.00	200.00	
<b>01.03 Labores culturales</b>						<b>1300.00</b>
01.03.01	Deshierbo	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.02	1er aporque	Jornal	10.00	50.00	500.00	
01.03.03	Aplicación de cobertura vegetal	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.04	2do aporque	Jornal	8.00	50.00	400.00	
01.03.06	Control fitosanitario	Jornal	2.00	50.00	100.00	
<b>01.04 Cosecha</b>						<b>500.00</b>
01.04.01	Despanque, ensacado, pesado y otros	Jornal	10.00	50.00	500.00	
<b>01.05 Insumos</b>						<b>2915.00</b>
01.05.01	Semilla	kg	35.00	10.00	350.00	
01.05.02	Abono de base-gallinaza	sacos	115.00	20.00	2300.00	
01.05.03	Restos de cosecha (arveja)	sacos	100.00	2.00	200.00	
01.05.07	Insecticida Cyplerklin 25	L	1.00	65.00	65.00	
<b>II. Costos Indirectos</b>						<b>649.95</b>
	Herramientas y materiales	Glb		200	200.00	
	Análisis de suelo	Unidad	1.00	80	80.00	
	Gastos administrativos (5% C.D)	Glb			264.25	
	Imprevistos (2% C.D)	Glb			105.70	
<b>Costo Total</b>						<b>5934.95</b>

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ INIA 615 - NEGRO CANAÁN POR HECTÁREA</b>						
<b>Tratamiento:</b> T6				<b>Campaña agrícola:</b> 2024 - 2025		
<b>Descripción:</b> Cobertura de arveja y microorganismos eficientes 2 L ha <sup>-1</sup>				<b>Época de siembra:</b> Diciembre-Junio		
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Total S/</b>
<b>01. Costos directos</b>						<b>5525.00</b>
<b>01.01 Preparación del terreno</b>						<b>410.00</b>
01.01.01	Limpieza del terreno	Jornal	1.00	50.00	50.00	
01.01.02	Arado	hm	4.00	60.00	240.00	
01.01.03	Pasada de rastra y nivelado	hm	2.00	60.00	120.00	
<b>01.02 Siembra</b>						<b>570.00</b>
01.02.01	Surcado	hm	2.00	60.00	120.00	
01.02.02	Aplicación de gallinaza	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.02.03	Colocación de semillas	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.02.04	Tapado de semilla	Jornal	4.00	50.00	200.00	
<b>01.03 Labores culturales</b>						<b>1400.00</b>
01.03.01	Deshierbo	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.02	1er aporque	Jornal	10.00	50.00	500.00	
01.03.03	Aplicación de cobertura vegetal	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.04	2do aporque	Jornal	8.00	50.00	400.00	
01.03.05	Aplicación de biofertilizantes	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.03.06	Control fitosanitario	Jornal	2.00	50.00	100.00	
<b>01.04 Cosecha</b>						<b>500.00</b>
01.04.01	Despanque, ensacado, pesado y otros	Jornal	10.00	50.00	500.00	
<b>01.05 Insumos</b>						<b>3055.00</b>
01.05.01	Semilla	kg	35.00	10.00	350.00	
01.05.02	Abono de base-gallinaza	sacos	115.00	20.00	2300.00	
01.05.03	Restos de cosecha (arveja)	sacos	100.00	2.00	200.00	
01.05.04	Microorganismos Eficaces (EM-COMPOST)	L	2.00	70.00	140.00	
01.05.07	Insecticida Cyplerklin 25	L	1.00	65.00	65.00	
<b>II. Costos Indirectos</b>						<b>666.75</b>
	Herramientas y materiales	Glb		200	200.00	
	Análisis de suelo	Unidad	1.00	80	80.00	
	Gastos administrativos (5% C.D)	Glb			276.25	
	Imprevistos (2% C.D)	Glb			110.50	
<b>Costo Total</b>						<b>6191.75</b>

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ INIA 615 - NEGRO CANAÁN POR HECTÁREA</b>						
<b>Tratamiento:</b> T7				<b>Campaña agrícola:</b> 2024 - 2025		
<b>Descripción:</b> Cobertura de arveja y hongos micorrícicos arbusculares 20 kg ha <sup>-1</sup>				<b>Época de siembra:</b> Diciembre-Junio		
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Total S/</b>
<b>01. Costos directos</b>						<b>6325.00</b>
<b>01.01 Preparación del terreno</b>						<b>410.00</b>
01.01.01	Limpieza del terreno	Jornal	1.00	50.00	50.00	
01.01.02	Arado	hm	4.00	60.00	240.00	
01.01.03	Pasada de rastra y nivelado	hm	2.00	60.00	120.00	
<b>01.02 Siembra</b>						<b>570.00</b>
01.02.01	Surcado	hm	2.00	60.00	120.00	
01.02.02	Aplicación de gallinaza	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.02.03	Colocación de semillas	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.02.04	Tapado de semilla	Jornal	4.00	50.00	200.00	
<b>01.03 Labores culturales</b>						<b>1400.00</b>
01.03.01	Deshierbo	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.02	1er aporque	Jornal	10.00	50.00	500.00	
01.03.03	Aplicación de cobertura vegetal	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.04	2do aporque	Jornal	8.00	50.00	400.00	
01.03.05	Aplicación de biofertilizantes	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.03.06	Control fitosanitario	Jornal	2.00	50.00	100.00	
<b>01.04 Cosecha</b>						<b>500.00</b>
01.04.01	Despanque, ensacado, pesado y otros	Jornal	10.00	50.00	500.00	
<b>01.05 Insumos</b>						<b>3855.00</b>
01.05.01	Semilla	kg	35.00	10.00	350.00	
01.05.02	Abono de base-gallinaza	sacos	115.00	20.00	2300.00	
01.05.03	Restos de cosecha (arveja)	sacos	100.00	2.00	200.00	
01.05.06	Myco-Grom (HMA)	kg	20.00	47.00	940.00	
01.05.07	Insecticida Cyplerklin 25	L	1.00	65.00	65.00	
<b>II. Costos Indirectos</b>						<b>722.75</b>
	Herramientas y materiales	Glb		200	200.00	
	Análisis de suelo	Unidad	1.00	80	80.00	
	Gastos administrativos (5% C.D)	Glb			316.25	
	Imprevistos (2% C.D)	Glb			126.50	
<b>Costo Total</b>						<b>7047.75</b>

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ INIA 615 - NEGRO CANAÁN POR HECTÁREA</b>						
<b>Tratamiento: T8</b>			<b>Campaña agrícola: 2024 - 2025</b>			
<b>Descripción: Cobertura de arveja y ácidos húmicos 2 L ha<sup>-1</sup></b>			<b>Época de siembra: Diciembre-Junio</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Total S/</b>
<b>01. Costos directos</b>						<b>5455.00</b>
<b>01.01 Preparación del terreno</b>						<b>410.00</b>
01.01.01	Limpieza del terreno	Jornal	1.00	50.00	50.00	
01.01.02	Arado	hm	4.00	60.00	240.00	
01.01.03	Pasada de rastra y nivelado	hm	2.00	60.00	120.00	
<b>01.02 Siembra</b>						<b>570.00</b>
01.02.01	Surcado	hm	2.00	60.00	120.00	
01.02.02	Aplicación de gallinaza	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.02.03	Colocación de semillas	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.02.04	Tapado de semilla	Jornal	4.00	50.00	200.00	
<b>01.03 Labores culturales</b>						<b>1400.00</b>
01.03.01	Deshierbo	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.02	1er aporque	Jornal	10.00	50.00	500.00	
01.03.03	Aplicación de cobertura vegetal	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.04	2do aporque	Jornal	8.00	50.00	400.00	
01.03.05	Aplicación de biofertilizantes	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.03.06	Control fitosanitario	Jornal	2.00	50.00	100.00	
<b>01.04 Cosecha</b>						<b>500.00</b>
01.04.01	Despanque, ensacado, pesado y otros	Jornal	10.00	50.00	500.00	
<b>01.05 Insumos</b>						<b>2985.00</b>
01.05.01	Semilla	kg	35.00	10.00	350.00	
01.05.02	Abono de base-gallinaza	sacos	115.00	20.00	2300.00	
01.05.03	Restos de cosecha (arveja)	sacos	100.00	2.00	200.00	
01.05.05	Phos-Humic NK (Ácido húmico)	L	2.00	35.00	70.00	
01.05.07	Insecticida Cyplerklin 25	L	1.00	65.00	65.00	
<b>II. Costos Indirectos</b>						<b>661.85</b>
	Herramientas y materiales	Glb		200	200.00	
	Análisis de suelo	Unidad	1.00	80	80.00	
	Gastos administrativos (5% C.D)	Glb			272.75	
	Imprevistos (2% C.D)	Glb			109.10	
<b>Costo Total</b>						<b>6116.85</b>

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ INIA 615 - NEGRO CANAÁN POR HECTÁREA</b>						
<b>Tratamiento:</b> T9				<b>Campaña agrícola:</b> 2024 - 2025		
<b>Descripción:</b> Cobertura de trigo y sin biofertilizante				<b>Época de siembra:</b> Diciembre-Junio		
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Total S/</b>
<b>01. Costos directos</b>						<b>5285.00</b>
<b>01.01 Preparación del terreno</b>						<b>410.00</b>
01.01.01	Limpieza del terreno	Jornal	1.00	50.00	50.00	
01.01.02	Arado	hm	4.00	60.00	240.00	
01.01.03	Pasada de rastra y nivelado	hm	2.00	60.00	120.00	
<b>01.02 Siembra</b>						<b>570.00</b>
01.02.01	Surcado	hm	2.00	60.00	120.00	
01.02.02	Aplicación de gallinaza	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.02.03	Colocación de semillas	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.02.04	Tapado de semilla	Jornal	4.00	50.00	200.00	
<b>01.03 Labores culturales</b>						<b>1300.00</b>
01.03.01	Deshierbo	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.02	1er aporque	Jornal	10.00	50.00	500.00	
01.03.03	Aplicación de cobertura vegetal	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.04	2do aporque	Jornal	8.00	50.00	400.00	
01.03.06	Control fitosanitario	Jornal	2.00	50.00	100.00	
<b>01.04 Cosecha</b>						<b>500.00</b>
01.04.01	Despanque, ensacado, pesado y otros	Jornal	10.00	50.00	500.00	
<b>01.05 Insumos</b>						<b>2915.00</b>
01.05.01	Semilla	kg	35.00	10.00	350.00	
01.05.02	Abono de base-gallinaza	sacos	115.00	20.00	2300.00	
01.05.03	Restos de cosecha (trigo)	sacos	100.00	2.00	200.00	
01.05.07	Insecticida Cyplerklin 25	L	1.00	65.00	65.00	
<b>II. Costos Indirectos</b>						<b>649.95</b>
	Herramientas y materiales	Glb		200	200.00	
	Análisis de suelo	Unidad	1.00	80	80.00	
	Gastos administrativos (5% C.D)	Glb			264.25	
	Imprevistos (2% C.D)	Glb			105.70	
<b>Costo Total</b>						<b>5934.95</b>

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ INIA 615 - NEGRO CANAÁN POR HECTÁREA</b>						
<b>Tratamiento: T10</b>			<b>Campaña agrícola: 2024 - 2025</b>			
<b>Descripción: Cobertura de trigo y microorganismos eficientes 2 L ha<sup>-1</sup></b>			<b>Época de siembra: Diciembre-Junio</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Total S/</b>
<b>01. Costos directos</b>						<b>5525.00</b>
<b>01.01 Preparación del terreno</b>						<b>410.00</b>
01.01.01	Limpieza del terreno	Jornal	1.00	50.00	50.00	
01.01.02	Arado	hm	4.00	60.00	240.00	
01.01.03	Pasada de rastra y nivelado	hm	2.00	60.00	120.00	
<b>01.02 Siembra</b>						<b>570.00</b>
01.02.01	Surcado	hm	2.00	60.00	120.00	
01.02.02	Aplicación de gallinaza	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.02.03	Colocación de semillas	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.02.04	Tapado de semilla	Jornal	4.00	50.00	200.00	
<b>01.03 Labores culturales</b>						<b>1400.00</b>
01.03.01	Deshierbo	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.02	1er aporque	Jornal	10.00	50.00	500.00	
01.03.03	Aplicación de cobertura vegetal	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.04	2do aporque	Jornal	8.00	50.00	400.00	
01.03.05	Aplicación de biofertilizantes	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.03.06	Control fitosanitario	Jornal	2.00	50.00	100.00	
<b>01.04 Cosecha</b>						<b>500.00</b>
01.04.01	Despanque, ensacado, pesado y otros	Jornal	10.00	50.00	500.00	
<b>01.05 Insumos</b>						<b>3055.00</b>
01.05.01	Semilla	kg	35.00	10.00	350.00	
01.05.02	Abono de base-gallinaza	sacos	115.00	20.00	2300.00	
01.05.03	Restos de cosecha (trigo)	sacos	100.00	2.00	200.00	
01.05.04	Microorganismos Eficaces (EM-COMPOST)	L	2.00	70.00	140.00	
01.05.07	Insecticida Cyplerklin 25	L	1.00	65.00	65.00	
<b>II. Costos Indirectos</b>						<b>666.75</b>
	Herramientas y materiales	Glb		200	200.00	
	Análisis de suelo	Unidad	1.00	80	80.00	
	Gastos administrativos (5% C.D)	Glb			276.25	
	Imprevistos (2% C.D)	Glb			110.50	
<b>Costo Total</b>						<b>6191.75</b>

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ INIA 615 - NEGRO CANAÁN POR HECTÁREA</b>						
<b>Tratamiento:</b> T11				<b>Campaña agrícola:</b> 2024 - 2025		
<b>Descripción:</b> Cobertura de trigo y hongos micorrízicos arbusculares 20 kg ha <sup>-1</sup>				<b>Época de siembra:</b> Diciembre-Junio		
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Total S/</b>
<b>01. Costos directos</b>						<b>6325.00</b>
<b>01.01 Preparación del terreno</b>						<b>410.00</b>
01.01.01	Limpieza del terreno	Jornal	1.00	50.00	50.00	
01.01.02	Arado	hm	4.00	60.00	240.00	
01.01.03	Pasada de rastra y nivelado	hm	2.00	60.00	120.00	
<b>01.02 Siembra</b>						<b>570.00</b>
01.02.01	Surcado	hm	2.00	60.00	120.00	
01.02.02	Aplicación de gallinaza	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.02.03	Colocación de semillas	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.02.04	Tapado de semilla	Jornal	4.00	50.00	200.00	
<b>01.03 Labores culturales</b>						<b>1400.00</b>
01.03.01	Deshierbo	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.02	1er aporque	Jornal	10.00	50.00	500.00	
01.03.03	Aplicación de cobertura vegetal	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.04	2do aporque	Jornal	8.00	50.00	400.00	
01.03.05	Aplicación de biofertilizantes	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.03.06	Control fitosanitario	Jornal	2.00	50.00	100.00	
<b>01.04 Cosecha</b>						<b>500.00</b>
01.04.01	Despanque, ensacado, pesado y otros	Jornal	10.00	50.00	500.00	
<b>01.05 Insumos</b>						<b>3855.00</b>
01.05.01	Semilla	kg	35.00	10.00	350.00	
01.05.02	Abono de base-gallinaza	sacos	115.00	20.00	2300.00	
01.05.03	Restos de cosecha (trigo)	sacos	100.00	2.00	200.00	
01.05.06	Myco-Grom (HMA)	kg	20.00	47.00	940.00	
01.05.07	Insecticida Cyplerklin 25	L	1.00	65.00	65.00	
<b>II. Costos Indirectos</b>						<b>722.75</b>
	Herramientas y materiales	Glb		200	200.00	
	Análisis de suelo	Unidad	1.00	80	80.00	
	Gastos administrativos (5% C.D)	Glb			316.25	
	Imprevistos (2% C.D)	Glb			126.50	
<b>Costo Total</b>						<b>7047.75</b>

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ INIA 615 - NEGRO CANAÁN POR HECTÁREA</b>						
<b>Tratamiento: T12</b>			<b>Campaña agrícola: 2024 - 2025</b>			
<b>Descripción: Cobertura de trigo y ácidos húmicos 2 L ha<sup>-1</sup></b>			<b>Época de siembra: Diciembre-Junio</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Parcial S/</b>	<b>Total S/</b>
<b>01. Costos directos</b>						<b>5455.00</b>
<b>01.01 Preparación del terreno</b>						<b>410.00</b>
01.01.01	Limpieza del terreno	Jornal	1.00	50.00	50.00	
01.01.02	Arado	hm	4.00	60.00	240.00	
01.01.03	Pasada de rastra y nivelado	hm	2.00	60.00	120.00	
<b>01.02 Siembra</b>						<b>570.00</b>
01.02.01	Surcado	hm	2.00	60.00	120.00	
01.02.02	Aplicación de gallinaza	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.02.03	Colocación de semillas	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.02.04	Tapado de semilla	Jornal	4.00	50.00	200.00	
<b>01.03 Labores culturales</b>						<b>1400.00</b>
01.03.01	Deshierbo	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.02	1er aporque	Jornal	10.00	50.00	500.00	
01.03.03	Aplicación de cobertura vegetal	Jornal	3.00	50.00	150.00	
01.03.04	2do aporque	Jornal	8.00	50.00	400.00	
01.03.05	Aplicación de biofertilizantes	Jornal	2.00	50.00	100.00	
01.03.06	Control fitosanitario	Jornal	2.00	50.00	100.00	
<b>01.04 Cosecha</b>						<b>500.00</b>
01.04.01	Despanque, ensacado, pesado y otros	Jornal	10.00	50.00	500.00	
<b>01.05 Insumos</b>						<b>2985.00</b>
01.05.01	Semilla	kg	35.00	10.00	350.00	
01.05.02	Abono de base-gallinaza	sacos	115.00	20.00	2300.00	
01.05.03	Restos de cosecha (trigo)	sacos	100.00	2.00	200.00	
01.05.05	Phos-Humic NK (Ácido húmico)	L	2.00	35.00	70.00	
01.05.07	Insecticida Cyplerklin 25	L	1.00	65.00	65.00	
<b>II. Costos Indirectos</b>						<b>661.85</b>
	Herramientas y materiales	Glb		200	200.00	
	Análisis de suelo	Unidad	1.00	80	80.00	
	Gastos administrativos (5% C.D)	Glb			272.75	
	Imprevistos (2% C.D)	Glb			109.10	
<b>Costo Total</b>						<b>6116.85</b>

**Anexo 2. Datos registrados de las variables evaluadas**

**Anexo 2.1. Altura de planta (cm)**

Bloque	C <sub>0</sub>				C <sub>1</sub>				C <sub>2</sub>			
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
I	213.50	219.40	221.70	217.90	217.10	233.80	234.60	223.70	220.30	222.10	228.50	224.60
II	210.80	216.10	226.50	214.30	230.80	245.50	238.30	243.40	226.10	244.70	236.30	239.90
III	216.90	229.00	219.80	228.40	229.90	241.20	244.10	240.10	223.70	232.90	230.10	229.30

**Anexo 2.2. Longitud de mazorca (cm)**

Bloque	C <sub>0</sub>				C <sub>1</sub>				C <sub>2</sub>			
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
I	12.50	13.20	13.00	12.10	13.80	14.00	13.70	15.90	13.20	13.90	13.40	13.50
II	13.60	13.90	13.70	13.30	14.60	15.20	15.00	14.50	14.30	14.80	14.90	15.00
III	13.10	13.40	13.30	13.10	14.00	15.40	14.80	15.00	13.60	15.40	14.40	14.70

**Anexo 2.3. Peso de la mazorca (g)**

Bloque	C <sub>0</sub>				C <sub>1</sub>				C <sub>2</sub>			
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
I	80.20	109.30	100.10	98.20	104.90	123.10	116.20	114.80	84.30	117.40	114.90	105.60
II	84.10	113.40	105.80	103.70	105.50	124.80	123.90	115.40	85.90	118.80	116.40	110.80
III	83.50	114.60	120.60	117.40	107.40	124.70	117.10	116.90	86.40	119.50	112.30	108.90

**Anexo 2.4. Peso de 1000 granos (g)**

Bloque	C <sub>0</sub>				C <sub>1</sub>				C <sub>2</sub>			
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
I	387.31	417.22	405.87	425.32	409.34	437.54	435.64	421.12	392.62	428.52	419.08	435.71
II	401.77	431.64	422.15	414.24	400.12	421.21	430.10	438.21	409.87	434.11	426.92	420.54
III	398.60	426.24	429.92	423.41	385.54	429.24	422.32	427.64	380.90	415.38	430.10	427.70

**Anexo 2.5. Diámetro de mazorca (cm)**

Bloque	C <sub>0</sub>				C <sub>1</sub>				C <sub>2</sub>			
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
I	3.90	3.90	4.20	4.20	4.10	4.70	4.30	5.10	4.40	4.30	4.50	4.70
II	4.10	4.10	4.00	4.60	4.50	4.80	4.70	4.60	4.30	4.10	4.00	4.80
III	4.10	4.30	4.80	4.60	4.70	4.80	4.40	4.70	4.10	5.40	4.55	4.85

**Anexo 2.6. Rendimiento total de mazorca (kg ha<sup>-1</sup>)**

Bloque	C <sub>0</sub>				C <sub>1</sub>				C <sub>2</sub>			
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
I	5012.1	6766.4	6249.5	6128.6	6552.0	7687.2	7261.9	7174.4	5268.4	7334.7	6837.3	6597.2
II	5256.3	6400.0	6612.5	6481.3	6656.3	7587.5	7743.8	7543.8	6668.8	7625.0	7443.8	6925.0
III	5219.2	7164.9	7544.3	7371.4	7091.8	7800.3	7194.4	7688.1	6394.1	7471.5	7025.2	7496.5

**Anexo 2.7. Rendimiento de la categoría primera (kg ha<sup>-1</sup>)**

Bloque	C <sub>0</sub>				C <sub>1</sub>				C <sub>2</sub>			
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
I	1336.7	2030.6	1876.9	1636.7	1985.4	3690.4	2912.9	3537.5	1580.6	3179.6	2687.5	2760.0
II	1401.7	1920.0	1983.8	1728.3	1968.8	3640.8	3039.4	3721.9	2000.6	3304.2	2927.5	2800.8
III	1391.7	2148.8	2261.3	1963.3	2212.5	3687.1	2837.7	3743.8	1918.1	3236.5	2757.5	3147.3

**Anexo 2.8. Rendimiento de la categoría segunda (kg ha<sup>-1</sup>)**

Bloque	C <sub>0</sub>				C <sub>1</sub>				C <sub>2</sub>			
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
I	2613.3	3610.0	3319.6	3577.9	3259.6	2764.7	3189.2	2537.0	2885.6	3179.6	3015.6	3060.0
II	2753.3	3413.3	3385.8	3772.7	3256.3	2720.6	3413.8	2498.1	3679.0	3304.2	3225.6	3100.8
III	2583.3	3820.0	3417.5	4272.1	3507.5	2835.5	3107.1	2523.7	3523.1	3236.5	3041.5	3347.3

**Anexo 2.9. Rendimiento de la categoría tercera (kg ha<sup>-1</sup>)**

Bloque	C <sub>0</sub>				C <sub>1</sub>				C <sub>2</sub>			
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
I	1102.5	1128.1	1259.8	922.9	1361.3	1195.8	1210.4	1282.3	802.5	978.3	1190.6	880.0
II	1151.3	1066.7	1342.9	980.2	1331.3	1257.3	1290.6	1264.6	989.2	1016.7	1240.6	923.3
III	1143.8	1193.8	1558.8	1127.1	1417.5	1281.3	1199.0	1299.0	952.5	995.8	1219.8	999.2

**Anexo 3. Resultado del análisis de suelo**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA  
**LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR**

Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996

Ayacucho – Perú

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Región : Ayacucho  
 Provincia : Huamanga  
 Distrito : Andrés A. Cáceres Dorregaray  
 Localidad : C. E. Canaán Bajo  
 Proyecto : “TESIS”  
 Solicitante : Sr. Jaime Pariona Toledo

HR: 00601

**ANALISIS DE CARACTERIZACION**

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase Textural	pH (H <sub>2</sub> O)	C. E. (dS/m.)	CaCO <sub>3</sub> (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)		Cationes cambiabiles (Cmol(+)/Kg)						C. I. C. (Cmol(+)/Kg)
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	
01	43.2	26.7	30.1	Fr-Ar	7.69	1.63	0.0	1.86	0.09	5.2	202.4	10.1	4.16	1.04	0.68	0.0	0.0	21.3

Ayacucho, 01 de Diciembre del 2024.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELO  
 PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES  
 RESPONSABLE

*Juan B. Girón Molina*  
 C.I.P. 77120

Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenosos; Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso; FrAr: Franco arcillosos; FrArL: Franco arcillo limoso; ArAo: Arcillo arenoso; ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso

**Anexo 4. Galería de imágenes del proceso experimental**

**Fotografía 1.** Preparación del terreno y surcado.



**Fotografía 2 y 3.** Abonamiento, siembra y primer riego.



**Fotografía 4.** Emergencia del maíz.



**Fotografía 5 y 6. Activación de EM. COMPOST y melaza.**



**Fotografía 7. Primera aplicación de biofertilizantes.**



**Fotografía 8 y 9. Segunda y tercera aplicación de biofertilizantes.**



**Fotografía 10.** Aporque del maíz.



**Fotografía 11 y 12.** Aplicación de cobertura de trigo y cobertura de arveja.



**Fotografía 13.** Última aplicación de EM activado.



**Fotografía 14. Momento de control de Cogollero**



**Fotografía 15 y 16. Aparición de flores masculinas y femeninas**



Fotografía 17 y 18. Llenado de granos



Fotografía 19. Registro fotográfico del trabajo de investigación con asesor



**Fotografía 20 y 21. Registro de la variable: Altura de planta**



**Fotografía 22. Cosecha**



**Fotografía 23.** Secado en el almacén



**Fotografía 24 y 25.** Registro de longitud del mazorca y peso de la mazorca



**Fotografía 26 y 27.** Muestra representativa del tratamiento 11 y el tratamiento 6



Fotografía 28 y 29. Pesado de las mazorcas por subparcela



Fotografía 30. Biofertilizantes utilizados (EM. Compost, MycoGrow y Phos-Humic NK)



## Anexo 5. Hoja técnica de MycoGrom



# MYCOGROW

## HOJA TECNICA

### CARACTERÍSTICAS FISICO-QUIMICAS

FABRICANTE: GROW MORE INC.  
DISTRIBUIDOR  
EXCLUSIVO EN EL PERU: CONSORCIO AGROPECUARIO AMERICANO S.A.C.  
Calle s/n Fundo San Pedro Mz B31C - Lt 2 Urb. Las Casuarinas  
- Lurín – Lima.

CARACTERÍSTICAS: Inoculo de Endo y Ectomicorrizas, que restaura y regula el sistema microbioal dentro y fuera del sistema radicular mejorando el crecimiento y vigor de las plantas.

#### INGREDIENTES ACTIVOS:

ENDOMICORRIZA	ECTO MICORRIZAS
3 ESPECIES ( 6 ESPORAS/cc)	5 ESPECIES (21.150 esporas/cc)

*Glomus intraradices*  
*Glomus Aggregatum*  
*Glomus Mosseae*

*Suillus granulatus*  
*Pisolithus tinctorius*  
*Rhizopogon rubesce*  
*Scleroderma cepa*  
*Scleroderma citrine*

1.0% Ácido Húmico derivado de Leonardita

APARIENCIA: Polvo fino de color beige a pardo

DENSIDAD: 1.1

Ph: Neutro

Olor: Suave Empireumático

SOLUBILIDAD: Insoluble en agua

#### GENERALIDADES:

- Mycogrow es eficiente a diferentes tipos de suelo, climas y plantas.
- Promueve la formación de raíces alimenticias
- Incrementar la absorción de nutrientes del suelo.
- Mejora el crecimiento y vigor de las plantas.
- Incrementa la tolerancia a la salinidad, estrés por agua, altas temperaturas, metales pesados, toxinas, acidez del suelo.
- Incrementa la resistencia a enfermedades de la raíz y nemátodos.
- Incentiva la reproducción de microorganismos benéficos del suelo.
- Ideal para la producción Orgánica y Convencional.

**CONSORCIO AGROPECUARIO AMERICANO S.A.C.**  
Calle s/n Fundo San Pedro Mz B31C - Lt 2 Urb. Las Casuarinas - Lurín - Lima. Perú. ☎: 205-6960  
[www.conagra.com.pe](http://www.conagra.com.pe) / E-mail: [informes@conagra.com.pe](mailto:informes@conagra.com.pe)



## **INDICACIONES DE USO**

Las inoculaciones con Myco Grow pueden realizarse incorporando al suelo o mezclándolo con el sustrato. Se puede aplicar en bandas bajo la semilla o incorporándolo dentro de las camas donde se colocará las semillas.

En transplante a campo definitivo se puede aplicar sobre las raíces antes de la siembra. Es importante que las esporas contenidas en el producto estén en contacto con las raíces para tener éxito en la germinación.

**VIVERO:** Mycogrow debe ser mezclado con el sustrato que se va a emplear para el llenado de macetas, bandejas, camas almacigueras, bolsas, etc. Emplear 6.0Kg/m<sup>3</sup> de sustrato. MYCOGROW es dispersable en agua y puede ser humedecido en el suelo cerca de la zona radicular.

**AGRICULTURA:** Incorporar o aperjar antes de la siembra 40Kg/Ha. En aplicaciones en bandas o cerca de la zona de siembra emplear dosis de 20Kg/Ha. Como mezcla combinada emplear de 0.6 a 2.5Kg/m<sup>3</sup> de suelo, dependiendo del cultivo.

**SEMILLAS:** En aplicaciones directamente a la semilla emplear 1.5Kg/Ha.

**ESTACAS:** Aplicar 2.5gramos debajo del corte de la estaca.

**TRANSPLANTE:** Aplicar de 2 a 10 gramos/planta dependiendo del tamaño de la planta.

**CESPED O GRASS:** Aplicar durante la instalación o aireación 1Kg/100m<sup>2</sup>

CONSORCIO AGROPECUARIO AMERICANO S.A.C. garantiza que las propiedades descritas en estas hojas técnicas del Producto MYCOGROW, corresponden a las descritas por su fabricante.

**Dpto. Promoción e Investigación  
CONAGRA S.A.C**

**CONSORCIO AGROPECUARIO AMERICANO S.A.C.**  
Calle s/n Fundo San Pedro Mz B31C - Lt 2 Urb. Las Casuarinas - Lurín - Lima. Perú. ☎: 205-6960  
[www.conagra.com.pe](http://www.conagra.com.pe) / E-mail: [informes@conagra.com.pe](mailto:informes@conagra.com.pe)

## Anexo 6. Ficha técnica de PHOS-HUMIC NK

	<b>FICHA TÉCNICA</b>		Revisión: 02 Aprobado: JID Fecha: 21-04-20 Página 1 de 3
			

<b>Producto</b>	:	<b>GREENZIT PHOS-HUMIC NK</b>
<b>Composición</b>	:	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) ..... 40.0 % p/v Nitrógeno (N) ..... 2.0 % p/v Potasio (K <sub>2</sub> O) ..... 3.0 % p/v Extracto Húmico ..... 5.0 % p/v
<b>Formulación</b>	:	Concentrado Soluble
<b>Clase de uso</b>	:	Fertilizante Foliar
<b>Distribuidor</b>	:	NEOAGRUM SAC

### CARACTERÍSTICAS

**GREENZIT® PHOS-HUMIC NK** es un fertilizante foliar altamente concentrado en fósforo asimilable, complementado con nitrógeno, potasio y extracto húmico, que en su conjunto permite al cultivo potenciar los procesos fisiológicos de desarrollo radical, floración y formación de semillas y frutos. Además, mejora significativamente la retención de frutos, por ende, mayor productividad.

**GREENZIT® PHOS-HUMIC NK**, por su alto contenido de fósforo, será fundamental en la formación de la molécula transportadora de alta energía ATP, la cual participa en todos los procesos metabólicos de la planta; asimismo, interviene en la formación de nucleoproteínas, ácidos nucleicos y fosfolípidos. El fósforo también participa en la producción y transporte de azúcares, grasas y proteínas.

**GREENZIT® PHOS-HUMIC NK**, posee una importante cantidad de extracto húmico que está compuesto por moléculas que funcionan como quelatantes de los elementos nutritivos del producto, aumentando la permeabilidad de la membrana celular y facilitando la absorción de los nutrientes; asimismo, favorecen la asimilación y traslocación de los agroquímicos vía foliar.

**GREENZIT® PHOS-HUMIC NK**, tiene un efecto vigorizante en las plantas, aumentando la resistencia y recuperación a diversos tipos de estrés; entre ellas, estrés al post-trasplante, a la falta de agua y al exceso o déficit de temperatura.

### COMPATIBILIDAD

**GREENZIT® PHOS-HUMIC NK** es compatible con los pesticidas, fertilizantes foliares y bioestimulantes de uso frecuente; sin embargo, se recomienda realizar antes una prueba de compatibilidad. No es recomendable mezclar con producto que contengan calcio libre, debido a que puede reaccionar con el fósforo soluble de este producto; asimismo, evitar mezclas con compuestos de fuerte reacción alcalina.

### EFFECTO SOBRE LOS CULTIVOS

	<b>FICHA TÉCNICA</b>		Revisión: 02 Aprobado: JID Fecha: 21-04-20 Página 2 de 3
			

GREENZIT® PHOS-HUMIC NK no es fitotóxico para los cultivos si se siguen las recomendaciones dadas en el cuadro de usos.

**RECOMENDACIONES DE USO**

CULTIVO	DOSIS		MOMENTOS DE APLICACIÓN
	(L/ha)	(L/200L)	
AJÍ, TOMATE Y OTRAS SOLANÁCEAS	1.0 - 2.0	0.5 - 1.0	1.ª 7 días después del trasplante. 2.ª Al inicio de la floración.
ALCACHOFA	2.0 - 3.0	0.5 - 1.0	1.ª 7 días después del trasplante. 2.ª Al inicio de la formación del capítulo.
ARÁNDANO	2.0 - 3.0	0.5 - 1.0	1.ª Después del trasplante. 2.ª Durante la prefloración y floración.
ARROZ	1.0 - 2.0	0.5 - 1.0	1.ª 7 días después del trasplante. 2.ª Inicio de espigado.
BRÓCOLI, COLIFLOR Y COL	1.0 - 2.0	0.5 - 1.0	1.ª 7 días después del trasplante 2.ª 15 días después de la primera aplicación.
CEBOLLA Y AJO	1.0 - 2.0	0.5 - 1.0	1.ª 7 días después del trasplante. 2.ª Al inicio de bulbificación.
ESPÁRRAGO	2.0 - 3.0	0.5 - 1.0	1.ª En el primer brotamiento. 2.ª Al inicio del segundo brotamiento. 3.ª A los 30 días antes del chapodo.
FRESA	1.0 - 2.0	0.5 - 1.0	1.ª 7 días después del trasplante. 2.ª Al inicio de la formación del botón floral.
FRIJOL, ARVEJA Y HOLANTAO	1.0 - 2.0	0.5 - 1.0	1.ª A partir de 4 hojas verdaderas. 2.ª Al inicio de la formación del botón floral.
FRUTALES CADUCIFOLIOS: MANZANO, MELOCOTÓN Y GRANADO	3.0 - 5.0	0.5 - 1.0	1.ª Al inicio de la floración. 2.ª 15 días después de la primera aplicación.
FRUTALES SIEMPREVERDES: MANGO, PALTO, OLIVO, CÍTRICOS, MARACUYÁ, GRANADILLA	3.0 - 5.0	0.5 - 1.0	1.ª Al inicio de la floración. 2.ª Al inicio de desarrollo del fruto.
HORTALIZAS DE HOJAS	1.0 - 2.0	0.5 - 1.0	1.ª A partir de 3 hojas verdaderas. 2.ª Repetir cada 15 días.
MAÍZ, TRIGO Y CEBADA	1.0 - 2.0	0.5 - 1.0	1.ª A partir de 4 hojas verdaderas. 2.ª 15 días después de la primera aplicación

	<b>FICHA TÉCNICA</b>		Revisión: 02 Aprobado: JID Fecha: 21-04-20 Página 3 de 3
			

PAPA, OTRAS RAÍCES Y TUBEROSAS	1.0 - 2.0	0.5 - 1.0	1.º 10 días después del brotamiento. 2.º Antes del aporque.
PEPINO, SANDÍA Y MELÓN	1.0 - 2.0	0.5 - 1.0	1.º A partir de 6 hojas verdaderas. 2.º Durante la prefloración y floración.
VID	3.0 - 5.0	0.5 - 1.0	1.º Al inicio de la floración. 2.º Al inicio de crecimiento de bayas.

#### MANEJO Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS Y ENVASES VACÍOS

Realizar obligatoriamente el triple lavado del presente envase.

- Después de usar el contenido, enjuague tres veces el envase y vierta la solución en la mezcla de aplicación y luego inutilícelo, triturándolo o perforándolo y deposítelo en el lugar destinado por las autoridades locales para este fin.
- Devuelva el envase triple lavado al centro de acopio autorizado.



## Anexo 7. Ficha técnica de EM.COMPOST



Jr. Pedro Torres Malarín N°355-Pueblo Libre-Lima  
RPM: \*11282 / #0045663 / #656656  
Movistar: 943603740 / 952086694 / 943629819  
Oficina: 01-4630329  
informes@bioem.com.pe  
[www.bioem.com.pe](http://www.bioem.com.pe)



# FICHA TÉCNICA

## EM•COMPOST® MICROORGANISMOS EFICACES™

### ORIGEN

El EM•COMPOST® es un **producto natural** que contiene microorganismos benéficos. Fue desarrollado en la década de los 80 por el Dr. Teruo Higa, de la Universidad de Ryukus, Okinawa, Japón. Actualmente se utiliza en más de 180 países a nivel mundial.

### DESCRIPCIÓN

El EM•COMPOST® es una mezcla de diferentes microorganismos naturales. Estos microorganismos no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. Son microorganismos que promueven procesos de fermentación benéfica, aceleran la descomposición de la materia orgánica y promueven el equilibrio de la flora microbiana, reduciendo la presencia de nematodos en los suelos.

### CONTENIDO MÍNIMO UFC/mL

- \* Bacterias ácido lácticas  $10^4$
- \* Bacterias Fotosintéticas  $10^3$
- \* Levaduras  $10^3$
- \* Enzimas

### DATOS FÍSICOS

**Apariencia:** líquido color marrón-amarillo  
**Olor:** Fermento-agradable  
**pH:** 3.5

### COMPATIBILIDAD

- Es compatible con aceites minerales y fertilizantes.
- No es compatible con cloro, desinfectantes, sulfato de cobre, oxidantes y pesticidas (fungicidas, insecticidas y bactericidas).

1

## **ACTIVACIÓN**

El **EM•COMPOST**<sup>®</sup> está en latencia (inactivo), para conservar a largo plazo, por lo tanto antes de usarlo, hay que activarlo.

El activado consiste en 5% de **EM•COMPOST**<sup>®</sup> y 5% de melaza diluidos en 90% de agua limpia en un recipiente herméticamente cerrado. Se deja reposar la mezcla durante siete días. Un olor agridulce y un pH de 3.5 o menos indican que el proceso de activación está completo.

## **DOSIS DE APLICACIÓN**

- Se recomienda usar 20 litros **EM•COMPOST**<sup>®</sup> Activado por cada 10 TM de materia orgánica a compostar.
- 20 litros **EM•COMPOST**<sup>®</sup> Activado por hectárea vía sistema de riego.

## **FRECUENCIA DE APLICACIÓN**

- Se recomienda hacer aplicaciones semanales o quincenales según las necesidades del cultivo.

Para mayor información, contactar con nuestro equipo técnico.

Atentamente,



[www.bioem.com.pe](http://www.bioem.com.pe)   [www.em-la.com](http://www.em-la.com)   [www.emrojapan.com](http://www.emrojapan.com)

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS****Bach. JAIME PARIONA TOLEDO****R.D. N° 312-2025-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los trece días del mes de octubre del año dos mil veinticinco, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por el Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa, Dr. Rolando Bautista Gómez como asesor; Ing. Eduardo Robles García y el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Microorganismos eficientes, hongos micorrízicos arbusculares, ácidos húmicos y cobertura vegetal en rendimiento de maíz morado (Zea mays L.). Canaán, 2750 msnm. Ayacucho-2025**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por el Bachiller **JAIME PARIONA TOLEDO**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa	14	15	15	15
Dr. Rolando Bautista Gómez	16	16	16	16
Ing. Eduardo Robles García	15	15	15	15
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza	15	15	16	15
<b>PROMEDIO GENERAL</b>				<b>15</b>

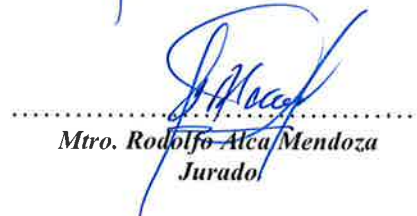
**OBSERVACIONES:** Por acuerdo unánime de los miembros del jurado, el título del trabajo de investigación debe ser: **Microorganismos eficientes, hongos micorrízicos arbusculares, ácidos húmicos y cobertura vegetal en rendimiento de maíz morado (Zea mays L.). Canaán, 2750 msnm. Ayacucho-2025**

Acto seguido se invita a la sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.

  
.....  
**Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa**  
Presidente

  
.....  
**Dr. Rolando Bautista Gómez**  
Asesor

  
.....  
**Ing. Eduardo Robles García**  
Jurado

  
.....  
**Mtro. Rodolfo Alca Mendoza**  
Jurado

  
.....  
**Mtro. Rodolfo Alca Mendoza**  
Secretario/Docente



**UNSCH**

FACULTAD DE CIENCIAS  
**AGRARIAS**

## CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R y la R.D N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo titulado;

**Microorganismos eficientes, hongos micorrízicos arbusculares, ácidos húmicos y cobertura vegetal en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán, 2750 msnm. Ayacucho-2025**

Autor : Jaime PARIONA TOLEDO  
Asesor : Rolando BAUTISTA GÓMEZ

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de tesis, aprobando mediante de RCU 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de catorce **(14%)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajo estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con identificador de la entrega: 2797114848

Ayacucho, 29 de octubre de 2025

.....  
**Angela J. Requis Quintanilla**

M.Sc. en Fitopatología  
E.P. Agronomía

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Microorganismos eficientes,  
hongos micorrícicos  
arbusculares, ácidos húmicos y  
cobertura vegetal en el  
rendimiento de maíz morado  
(Zea mays L.). Canaán, 2750  
msnm. Ayacucho-2025

*por* Jaime Pariona Toledo

---

**Fecha de entrega:** 29-oct-2025 04:15p. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2797114848

**Nombre del archivo:** JAIME\_PARIONA\_Tesis\_.pdf (10.35M)

**Total de palabras:** 32076

**Total de caracteres:** 169497

# Microorganismos eficientes, hongos micorrícicos arbusculares, ácidos húmicos y cobertura vegetal en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.). Canaán, 2750 msnm. Ayacucho-2025

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	4%
3	<a href="https://repositorio.inia.gob.pe">repositorio.inia.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	Zambrano Poma, Carlos Alberto. "Efecto de cuatro biofertilizantes en el suelo y rendimiento de dos variedades de maíz morado en condiciones de Ambo – Huánuco", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	1%

6	<a href="https://repositorio.unamba.edu.pe">repositorio.unamba.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
7	<a href="https://riull.ull.es">riull.ull.es</a> Fuente de Internet	<1 %
8	<a href="https://helvia.uco.es">helvia.uco.es</a> Fuente de Internet	<1 %
9	<a href="https://repositorio.unprg.edu.pe">repositorio.unprg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="https://faz.ujed.mx">faz.ujed.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
11	Javier Gerardo Zuzunaga Rosas. "Evaluación del producto bioestimulante BALOX como inductor de tolerancia en cultivos hortícolas frente al estrés causado por el exceso de sales solubles en suelos y aguas", Universitat Politecnica de Valencia, 2024 Publicación	<1 %
12	<a href="https://dl.dropboxusercontent.com">dl.dropboxusercontent.com</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="https://revistas.unsch.edu.pe">revistas.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="https://repositorio.udea.edu.pe">repositorio.udea.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	Mendoza Coari, Paul Pascual. "Influencia de cepas de Trichoderma endófito y	<1 %

microorganismos eficaces (EM) en la incidencia de "Kcona Kcona" (Eurysacca sp.) y rendimiento de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru)

Publicación

16

Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes

Trabajo del estudiante

<1 %

17

pdfcookie.com

Fuente de Internet

<1 %

18

qdoc.tips

Fuente de Internet

<1 %

19

dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

20

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

21

Submitted to ucss

Trabajo del estudiante

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

**Microorganismos eficientes, hongos micorrícicos arbusculares, ácidos húmicos y cobertura vegetal en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán, 2750 msnm. Ayacucho-2025**

**Efficient Microorganisms, Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Humic Acids, and Vegetative Cover on the Yield of Purple Corn (*Zea mays* L.). Canaán, 2750 msnm. Ayacucho-2025**

Jaime Pariona Toledo<sup>1</sup>,  
[jaime.pariona.01@unsch.edu.pe](mailto:jaime.pariona.01@unsch.edu.pe)

Rolando Bautista Gómez<sup>2</sup>  
[rolando.bautista@unsch.edu.pe](mailto:rolando.bautista@unsch.edu.pe)

Áreas de investigación: Medio Ambiente  
Línea de investigación: Sistemas de Producción Agrícola

**RESUMEN**

La investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de biofertilizantes y coberturas vegetales en el rendimiento de maíz morado. Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar aleatorizado mediante el Diseño de Parcelas Divididas adjudicándose los biofertilizantes (EM, Hongos micorrícicos arbusculares, ácidos húmicos y sin biofertilizantes) a parcelas y coberturas vegetales (Arveja, trigo y sin cobertura) a sub parcelas, estableciéndose tres repeticiones y doce tratamientos. Se evaluaron variables de precocidad: Número de días a la floración masculina, femenina y a la madurez fisiológica y variables de rendimiento: Altura de planta; longitud, diámetro y peso de la mazorca y rendimiento total de mazorca. Los resultados obtenidos muestran que los microorganismos eficientes reporto mayor altura de planta (235.21 cm) y mayor longitud de mazorca (14.36 cm), en comparación con el tratamiento sin biofertilizante. En cuanto a la cobertura vegetal, el mayor diámetro de mazorca (4.62 cm) y rendimiento total de la mazorca (7 331.77 kg ha<sup>-1</sup>) se registró con aplicación de la cobertura de arveja. La aplicación de microorganismos eficientes, hongos micorrícicos arbusculares, ácidos húmicos y EM tuvieron un efecto positivo en la altura de planta, longitud, diámetro, peso de mazorca y rendimiento total de mazorca. La aplicación de la cobertura de arveja incrementó la altura de planta, longitud y diámetro de la mazorca y rendimiento total de mazorca. La mayor relación beneficio/costo se obtuvo con el T<sub>6</sub> (EM y cobertura de arveja) alcanzando un valor de 1.02; esto la convierte en la opción más rentable y sostenible para cultivar maíz morado bajo las circunstancias del estudio actual.

**Palabras claves:** Biofertilizantes, cobertura vegetal, maíz morado.

## ABSTRACT

The research was carried out with the objective of evaluating the effect of biofertilizers and plant covers on the yield of purple corn. A Randomized Complete Block Design was used through the Split-Plot Design, assigning the biofertilizers (EM, Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Humic Acids, and without biofertilizers) to the main plots and plant covers (pea, wheat, and without cover) to the subplots, establishing three replications and twelve treatments. Variables of earliness were evaluated: number of days to male flowering, female, and physiological maturity, and yield variables: plant height; ear length, diameter, and weight; and total ear yield. The results obtained show that Effective Microorganisms reported greater plant height (235.21 cm) and greater ear length (14.36 cm) compared to the treatment without biofertilizer. Regarding the plant cover, the highest ear diameter (4.62 cm) and total ear yield (7331.77 kg ha<sup>-1</sup>) were recorded with the application of pea cover. The application of Effective Microorganisms, Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Humic Acids, and EM had a positive effect on plant height, ear length, diameter, ear weight, and total ear yield. The application of pea cover increased plant height, ear length, ear diameter, and total ear yield. The highest benefit/cost ratio was obtained with T6 (EM and pea cover), reaching a value of 1.02; this makes it the most profitable and sustainable option for cultivating purple corn under the conditions of the present study.

**Keywords:** Biofertilizers, plant cover, purple corn.

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz morado es una variedad característica y representativa del Perú, reconocido globalmente por su riqueza en antocianinas, compuestos con propiedades antioxidantes y beneficios para la salud. Este cultivo ha ganado gran importancia en el Perú, especialmente para los agricultores de la sierra debido a la creciente demanda, y su relevancia que va más allá del ámbito alimentario, ya que se utiliza también en las industrias farmacéutica y alimenticia, lo que lo convierte en un recurso valioso para la economía rural, promoviendo la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible en comunidades vulnerables.

En el año 2022, a nivel nacional, el maíz morado alcanzó un rendimiento promedio de 5 530 kg ha<sup>-1</sup>, con una superficie sembrada de 3 832.25 ha y una producción total de 20 917.04 toneladas. Las regiones de Moquegua (6 889 kg ha<sup>-1</sup>) y Huánuco (6 872 kg ha<sup>-1</sup>) destacaron como las de mayor productividad, lo que evidencia condiciones edafoclimáticas favorables para este cultivo. En el caso de Ayacucho, se registró una superficie sembrada de 874 ha, una producción de 4 786 toneladas y un rendimiento promedio de 5 476 kg ha<sup>-1</sup>, posicionándose como una de las principales zonas productoras. (MIDAGRI, 2022).

En este contexto, el uso de biofertilizantes como los microorganismos eficaces, ácido húmico y hongos micorrízicos arbusculares han emergido como una estrategia sostenible para mejorar la absorción de nutrientes y fortalecer la resistencia de las plantas a condiciones adversas. De acuerdo con Macik et al. (2020) los biofertilizantes “contienen uno o más microorganismos vivos que se establecen en la rizosfera y mejoran la productividad del suelo

fijando el nitrógeno atmosférico y solubilizando diferentes nutrientes, ejerciendo así efectos beneficiosos directos o indirectos sobre el crecimiento y el rendimiento de los cultivos a través de diferentes mecanismos” (p. 34).

Por otra parte, la cobertura vegetal desempeña un papel clave en la conservación de la humedad del suelo, el control de la erosión y la optimización del microclima agrícola, constituyendo una técnica ampliamente utilizada en regiones áridas y semiáridas debido a sus múltiples beneficios, ya que contribuye a enriquecer el suelo con carbono orgánico y nutrientes, reduce la temperatura máxima del suelo, aumenta la biomasa microbiana y las actividades enzimáticas del suelo y contribuye en la disminución de la evaporación de agua, lo que se traduce en su uso eficiente, un mayor rendimiento del cultivo y consecuentemente en un mayor beneficio económico (Li et al., 2021).

Si bien existen estudios previos sobre la relación de estos factores con el rendimiento de cultivos en diferentes ecosistemas, hay una falta de información específica y suficiente sobre su impacto en el maíz morado cultivado en las condiciones agroclimáticas de la sierra ayacuchana. Por ello, esta investigación proporcionará datos relevantes que contribuirán a mejorar la productividad de los agricultores locales y además de permitir fomentar un manejo más sostenible de los suelos a través del uso de biofertilizantes y cobertura vegetal. Los objetivos de la investigación fueron, determinar la influencia de microorganismos eficientes, hongos micorrízicos arbusculares, ácidos húmicos y cobertura vegetal en el rendimiento y en la relación beneficio/costo del maíz morado.

## II. MATERIALES Y METODOS

### Ubicación del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en Centro Experimental Canaán, perteneciente a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho. La ubicación geográfica del centro experimental es de 13° 9' 20.85" S, 74° 13' 12.72" O y una altitud de 2750 msnm. La temperatura máxima, media y mínima fue de 27.29, 17.76 y 8.23 °C, respectivamente; la humedad relativa promedio registrada fue de 67.35 %, y la precipitación total anual alcanzó 757.40 mm, registrándose un exceso de precipitación durante el manejo del cultivo de maíz morado. El análisis físico-químico del suelo determinó una textura franco arcillosa, un pH ligeramente alcalino (7.69) y bajos contenidos de materia orgánica (1.86 %), nitrógeno total (0.09 %) y fósforo disponible (5.2 ppm).

### Diseño experimental y análisis estadístico

Para la distribución de las unidades experimentales se utilizó el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar aleatorizado mediante el Diseño de Parcelas Dividas, adjudicándose los biofertilizantes a parcelas y cobertura vegetal a sub parcelas, estableciéndose 03 repeticiones y 12 tratamientos.

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + (\alpha\beta)_{ik} + \delta_j + (\beta\delta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Para el análisis estadístico se realizaron los análisis de varianza con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  y luego la prueba de Tukey.

**Tabla 2.1**

*Código y descripción de los tratamientos*

<b>Trat.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Código</b>
T1	Sin cobertura y sin biofertilizante	c0*b0
T2	Sin cobertura y microorganismos eficientes 2 L ha <sup>-1</sup>	c0*b1
T3	Sin cobertura y hongos micorrícicos arbusculares 20 kg ha <sup>-1</sup>	c0*b2
T4	Sin cobertura y ácidos húmicos 2 L ha <sup>-1</sup>	c0*b3
T5	Cobertura de arveja y sin biofertilizante	c1*b0
T6	Cobertura de arveja y microorganismos eficientes 2 L ha <sup>-1</sup>	c1*b1
T7	Cobertura de arveja y hongos micorrícicos arbusculares 20 kg ha <sup>-1</sup>	c1*b2
T8	Cobertura de arveja y ácidos húmicos 2 L ha <sup>-1</sup>	c1*b3
T9	Cobertura de trigo y sin biofertilizante	c2*b0
T10	Cobertura de trigo y microorganismos eficientes 2 L ha <sup>-1</sup>	c2*b1
T11	Cobertura de trigo y hongos micorrícicos arbusculares 20 kg ha <sup>-1</sup>	c2*b2
T12	Cobertura de trigo y 20 kg ha <sup>-1</sup> ácidos húmicos 20 kg ha <sup>-1</sup>	c2*b3

### **Procedimiento experimental**

La preparación del terreno se efectuó el 4 de diciembre de 2024, mediante arado, desterronado y surcado. La delimitación de parcelas se realizó el 6 de diciembre utilizando rollizos, estacas, carrizo y rafias de colores para la identificación de cada unidad experimental. El abonamiento de base se efectuó el mismo día de la siembra mediante la aplicación de gallinaza (Super Suelo) en una dosis de 4.5 t ha<sup>-1</sup>, de acuerdo con la fórmula 90-180-110 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K, respectivamente. La siembra se realizó el 6 de diciembre de 2024, empleando tres semillas por golpe con un espaciamiento de 0.40 m entre plantas y 0.80 m entre surcos.

Se aplicaron tres biofertilizantes comerciales en diferentes etapas del cultivo: EM. COMPOST (microorganismos eficientes) a razón de 2 L ha<sup>-1</sup> con cinco aplicaciones semanales; MYCO GROW (hongos micorrícicos arbusculares) a 20 kg ha<sup>-1</sup>, aplicado una sola vez; y PHOS-HUMIC NK (ácidos húmicos) a 2 L ha<sup>-1</sup>, con dos aplicaciones quincenales.

El aporque y raleo se realizaron el 9 de enero de 2025 dejando 2 plantas por golpe. El 10 de enero 2025 se incorporó cobertura vegetal de arveja y trigo, dispuestos entre los surcos. El control fitosanitario se efectuó a los 55 días después de la siembra, tras detectar la presencia de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), aplicando Ciperklin en dosis de 30 mL por 20 L de agua, el 30 de enero de 2025. La cosecha se realizó el 10 de mayo de 2025 a los 155 días después de la siembra. Las variables evaluadas fueron: Precocidad: Número de días a la floración masculina, a la floración femenina y a la madurez fisiológica. Rendimiento: Altura de planta, longitud, peso y diámetro de mazorca, rendimiento total de mazorca y análisis de la relación beneficio/costo.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Variables de precocidad

Tabla 3.2

Precocidad del cultivo maíz morado en rango de días bajo la influencia de biofertilizantes y coberturas vegetales. Canaán – 2750 msnm-Ayacucho.

Trat.	Descripción	N° de días después de la siembra (nnds)		
		Floración masculina	Floración Femenina	Madurez fisiológica
T1	Sin cobertura y sin biofertilizante	80 - 90	95 -110	135 - 150
T2	Sin cobertura y EM 2 L ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T3	Sin cobertura y HMA 20 kg ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T4	Sin cobertura y ácidos húmicos 2 L ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T5	Cobertura de arveja y sin biofertilizante	80 - 90	95 - 110	135 - 150
T6	Cobertura de arveja y EM 2 L ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T7	Cobertura de arveja y HMA 20 kg ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T8	Cobertura de arveja y ácidos húmicos 2 L ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T9	Cobertura de trigo y sin biofertilizante	80 - 90	95 -110	135 - 150
T10	Cobertura de trigo y EM 2 L ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T11	Cobertura de trigo y HMA 20 kg ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155
T12	Cobertura de trigo y ácidos húmicos 2 L ha <sup>-1</sup>	85 - 93	101 -112	140 - 155

Nota. EM: microorganismos eficientes, HMA: hongos micorrícicos arbusculares.

En la tabla 3.1 se muestra la precocidad del cultivo maíz morado bajo la influencia de biofertilizantes y cobertura vegetal, donde se observa que la madurez fisiológica ocurrió entre los 140 y 155 días, excepto en los tratamientos en las que no se aplicaron biofertilizantes (T1, T5 y T9) donde ocurrió entre los 135 y 150 días después de la siembra. Estos resultados coinciden con lo reportado por Mendoza (2022) quien evaluó la variedad INIA-615 en Canaán y registro la madurez fisiológica a los 139.8 días después de la siembra. Este valor ligeramente menor podría deberse a diferencias en manejo agronómico, época de siembra que pudieron acelerar el secado fisiológico del grano.

#### Variables de rendimiento

##### Altura de planta

En la tabla 3.2 se muestra el análisis de varianza de la altura de planta de maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes, donde se encontró una alta significación estadística en la fuente de variación de biofertilizante y una significación estadística en el caso de la cobertura vegetal. El coeficiente de variación fue 1.83 % lo que refleja baja dispersión de los datos y adecuada precisión experimental.

**Tabla 3.3**

*Análisis de varianza de la altura de planta de maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm*

F. Variación	G. L	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	470.90	235.50	2.77	0.1660 ns
C. Vegetal (C)	2	1526.10	763.10	8.97	0.0332 *
Error (a)	4	340.30	85.10		
Biofertilizante (B)	3	653.70	217.89	12.50	< 0.0001 **
Interacción (C * B)	6	41.40	6.91	0.40	0.8719 ns
Error (b)	18	313.90	17.44		
Total	35	3346.30			

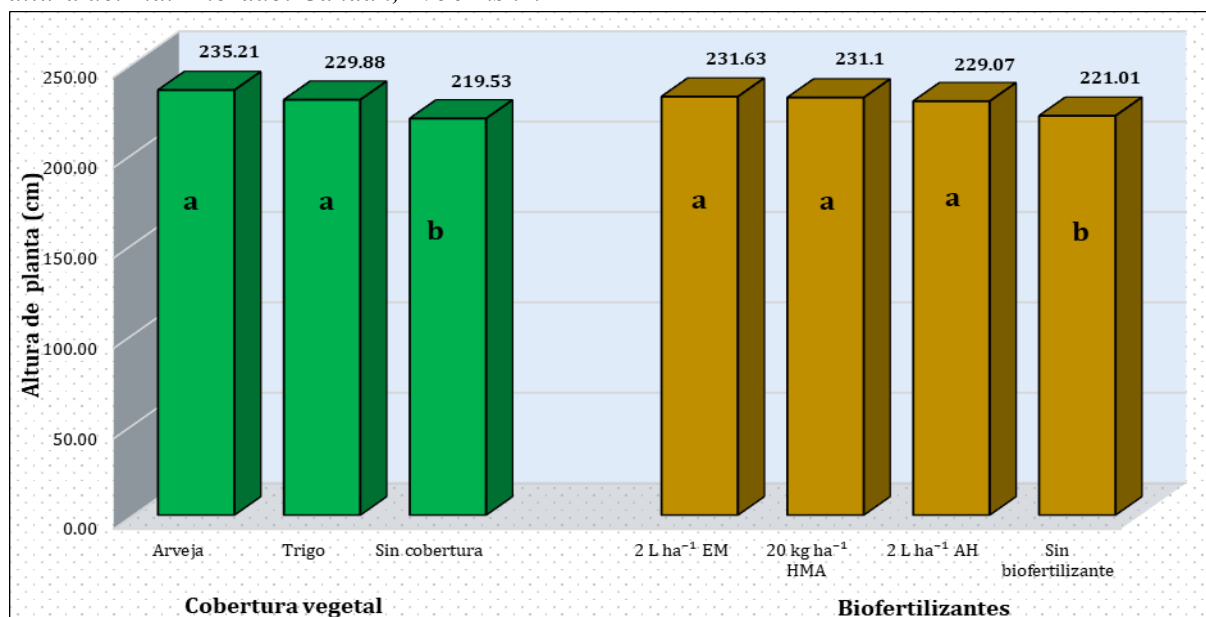
C.V = 1.83 %

En la figura 3.1 se presenta los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre la altura de planta del maíz morado, según la prueba de Tukey. Las plantas de maíz con aplicación de cobertura de arveja alcanzaron la mayor altura promedio con 235.21 cm, seguidas por las plantas de maíz con aplicación de cobertura de trigo con 229.88 cm, mientras que el tratamiento sin cobertura vegetal alcanzó solo 219.53 cm, siendo estadísticamente inferior. Esto indica que la cobertura vegetal, especialmente de la arveja, favoreció el desarrollo del cultivo. Esto puede explicarse por la baja relación C/N que tiene los rastrojos de leguminosas, que provoca una descomposición más rápida y, por lo tanto, una liberación oportuna de nutrientes que enriquecen la materia orgánica disponible para las plantas.

Respecto a los biofertilizantes, los tratamientos con EM, ácido húmico y hongos micorrícicos arbusculares obtuvieron alturas promedio de 231.63, 231.10 y 229.07 cm respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellos y superiores al tratamiento sin biofertilizante, que mostró un crecimiento significativamente menor con una altura de 221.01 cm.

**Figura 3.1**

*Prueba de Tukey para los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre la altura del maíz morado. Canaán, 2750 msnm*



Nota. EM: Microorganismos eficientes, AH: Ácido húmico, HMA: Hongos micorrícicos arbusculares

En relación al efecto de la cobertura vegetal, este resultado contrasta con lo reportado por Ramadhan (2021), quien también notó un aumento en la altura del maíz (*Zea mays* L. var.) cuando se usaron estas coberturas (paja de trigo). En su estudio, las cifras de altura en la primera temporada sin cobertura vegetal fueron de entre 168.51 cm y 184.47 cm; en cambio, durante la segunda temporada, con cobertura vegetal, se registraron alturas más altas, siendo el promedio del tratamiento más efectivo de 186.66 cm. Estos valores son menores a los obtenidos en el estudio actual, posiblemente se debe a la fertilidad del suelo y a las condiciones medioambientales de la zona, las cuales son distintas a las que Ramadhan ha reportado.

En biofertilizantes, el tratamiento con EM registró la mayor altura promedio del maíz con 231.63 cm, seguida por el tratamiento donde se aplicó HMA y AH que reportaron 231.1 y 229.07 cm, respectivamente, entre los cuales no existe diferencia estadística significativa. La menor altura de plantas de maíz se reportó en el tratamiento sin biofertilizante, que alcanzó 221.01 cm. Estos resultados coinciden con lo reportado por Zeballos (2017), quien observó un incremento en la altura del maíz forrajero al aplicar EM en concentraciones de 5 % y 10 %, alcanzando 267.01 cm y 262.05 cm, frente a 228.00 cm en el control. Aunque las condiciones y variedades difieren, ambos estudios confirman que los EM favorecen el crecimiento del maíz al mejorar la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes.

Asimismo, Zuta (2024) menciona que la utilización de biofertilizantes en cantidades determinadas y a lo largo de las primeras etapas del desarrollo vegetativo del maíz (V4 y V7), promueve un mayor crecimiento en altura. La altura más alta que se registró en su estudio fue de 252.25 cm.

### Longitud de mazorca

El resultado del análisis de varianza de la longitud de mazorca de maíz morado se presenta en la tabla 3.3, donde se muestra una alta significación estadística en la cobertura vegetal, así como un efecto significativo atribuible al uso de biofertilizantes, lo que evidencia que ambos tratamientos tuvieron una influencia directa sobre esta variable morfológica. El coeficiente de variación fue 3.26 %, un valor que indica una precisión apropiada en las mediciones efectuadas.

**Tabla 3.4**

*Análisis de varianza de la longitud de mazorca de maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm*

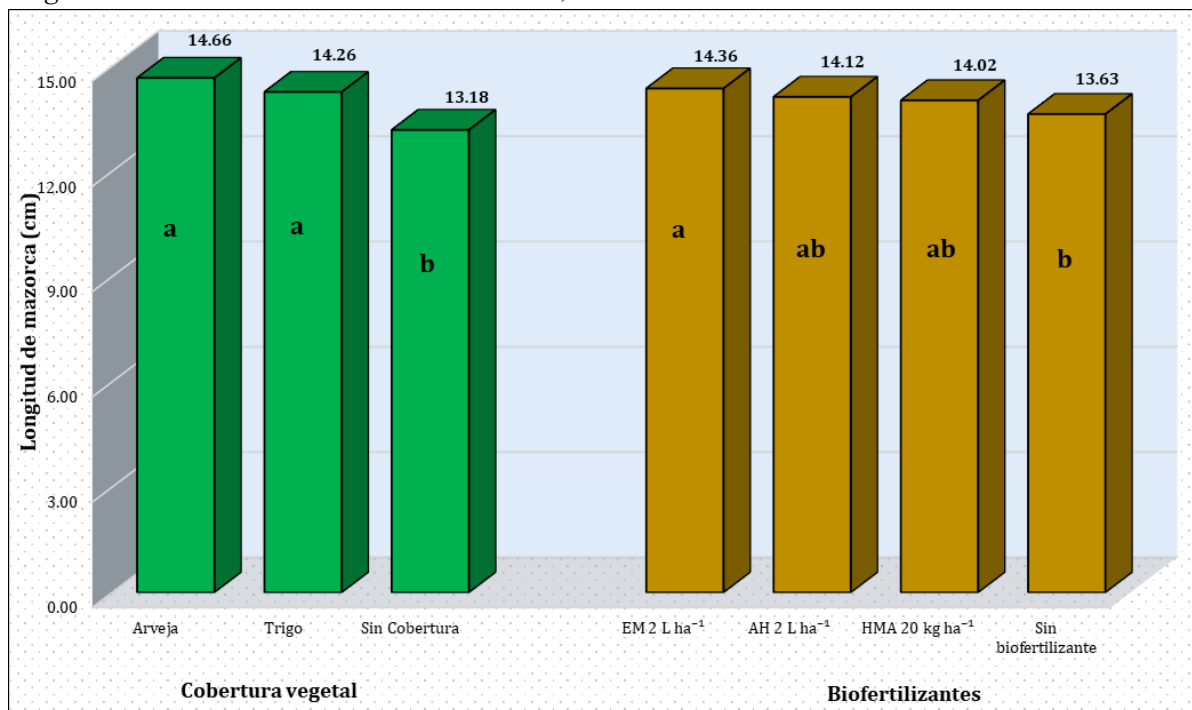
<b>F. Variación</b>	<b>G. L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	5.09	2.54	13.38	0.0160 *
C. Vegetal (C)	2	13.97	6.98	36.83	0.0026 **
Error (a)	4	0.76	0.19		
Biofertilizante (B)	3	2.45	0.82	3.90	0.0261 *
Interacción (C * B)	6	1.62	0.27	1.29	0.3096 ns
Error (b)	18	3.76	0.21		
Total	35	27.64			

C.V = 3.26 %

En la figura 3.2 se presenta la prueba de Tukey para los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre la longitud de mazorca del maíz morado, donde se evidencia que las plantas a las que se les aplicó cobertura de arveja promovió un mayor desarrollo en la longitud de mazorca, alcanzando un promedio de 14.66 cm y seguido por las plantas con cobertura de trigo, cuyas mazorcas llegaron a los 14.26 cm. Ambas mostraron comportamientos estadísticamente similares, aunque claramente superiores al tratamiento sin cobertura, que obtuvo una longitud promedio menor de 13.18 cm; en cambio, en los biofertilizantes, fue el tratamiento con microorganismos eficientes el que mostró la mejor respuesta, con una longitud media de 14.36 cm. Le siguieron los tratamientos con ácidos húmicos con 14.12 cm y hongos micorrícicos arbusculares con 14.02 cm, y no presentaron diferencias estadísticas entre sí. El tratamiento sin biofertilización mostró el valor más bajo, con una media de 13.63 cm.

**Figura 3.2**

*Prueba de Tukey para los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre la longitud de mazorca del maíz morado. Canaán, 2750 msnm*



*Nota.* EM: Microorganismos eficientes, AH: Ácido húmico, HMA: Hongos micorrícicos arbusculares

El resultado obtenido en este estudio, donde se observó un efecto significativo de la cobertura vegetal sobre la longitud de mazorca, difiere de lo reportado por Poma (2020), quien no encontró diferencias estadísticas en la longitud de mazorcas de maíz amarillo duro al aplicar cobertura de ficus en condiciones de Pichari. Esta discrepancia puede deberse al tipo de cobertura empleada, como el ficus, este tipo de cobertura al ser leñoso y de lenta descomposición, tiene baja actividad biológica. En cambio, coberturas como la arveja y el trigo descomponen más rápido, lo que favorece una liberación oportuna de nutrientes, mejora la estructura del suelo y contribuye a retener mejor la humedad, favoreciendo su desarrollo

vegetativo y reproductivo, incluida la formación de mazorcas más largas y completas. Reginatto et al. (2020) señalan que las coberturas de leguminosas en descomposición, libera compuestos fenólicos y reguladores del crecimiento, como auxinas. Estos compuestos están asociadas al alargamiento celular y a la diferenciación de tejidos, que pueden tener un efecto bioestimulante en la formación de estructuras como la mazorca.

Asimismo, Zhang et al., (2019) indican que el uso de acolchado propicia la retención e infiltración del agua y favorece la acumulación de materia orgánica en el suelo. El aumento de la longitud de mazorca puede ser explicado por estas mejoras en las características físicas y biológicas del suelo, dado que un suministro continuo de agua y nutrientes en las fases reproductivas del maíz, especialmente durante el llenado de grano y la elongación de la mazorca, facilita que se mantenga una tasa activa de división y expansión celular.

Girón y Llallahui (2018) encontraron que el maíz morado Negro Canaán alcanzó mazorcas de 17.13 cm cuando se aplicaron EM junto con guano de isla. En cambio, en este estudio, al usar solo EM, la longitud promedio fue de 14.36 cm. Esta diferencia se debe probablemente a que el guano de isla aporta más nutrientes, como nitrógeno y fósforo, que favorecen un mejor desarrollo de las mazorcas.

De manera similar, Zambrano (2024) reportó una longitud de mazorca de 14.58 cm en maíz morado tratado con el biofertilizante Nutrisorb en Ambo, Huánuco. Este valor es similar al que se obtuvo en el estudio actual, que fue 14.36 cm de longitud media tras aplicar EM.

### Diámetro de mazorca

En la tabla 3.6 se presenta el análisis de varianza del diámetro de mazorca del maíz morado, donde se muestra que hubo significación estadística en la fuente de variación de cobertura vegetal y biofertilizante, lo que sugiere que ambas variables tuvieron un impacto en esta característica. Sin embargo, no se encontró diferencia estadística significativa en la interacción de cobertura vegetal y biofertilizantes. El coeficiente de variación fue 6.45 % refleja una buena precisión experimental.

**Tabla 3.5**

*Análisis de varianza del diámetro de mazorca del maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm*

<b>F. Variación</b>	<b>G.L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	0.46	0.23	3.46	0.1320 ns
C. Vegetal (C)	2	0.93	0.46	7.04	0.0490 *
Error (a)	4	0.26	0.07		
Biofertilizante (B)	3	0.92	0.31	3.73	0.0302 *
Interacción (C * B)	6	0.28	0.05	0.57	0.7505 ns
Error (b)	18	1.49	0.08		
Total	35	4.34			

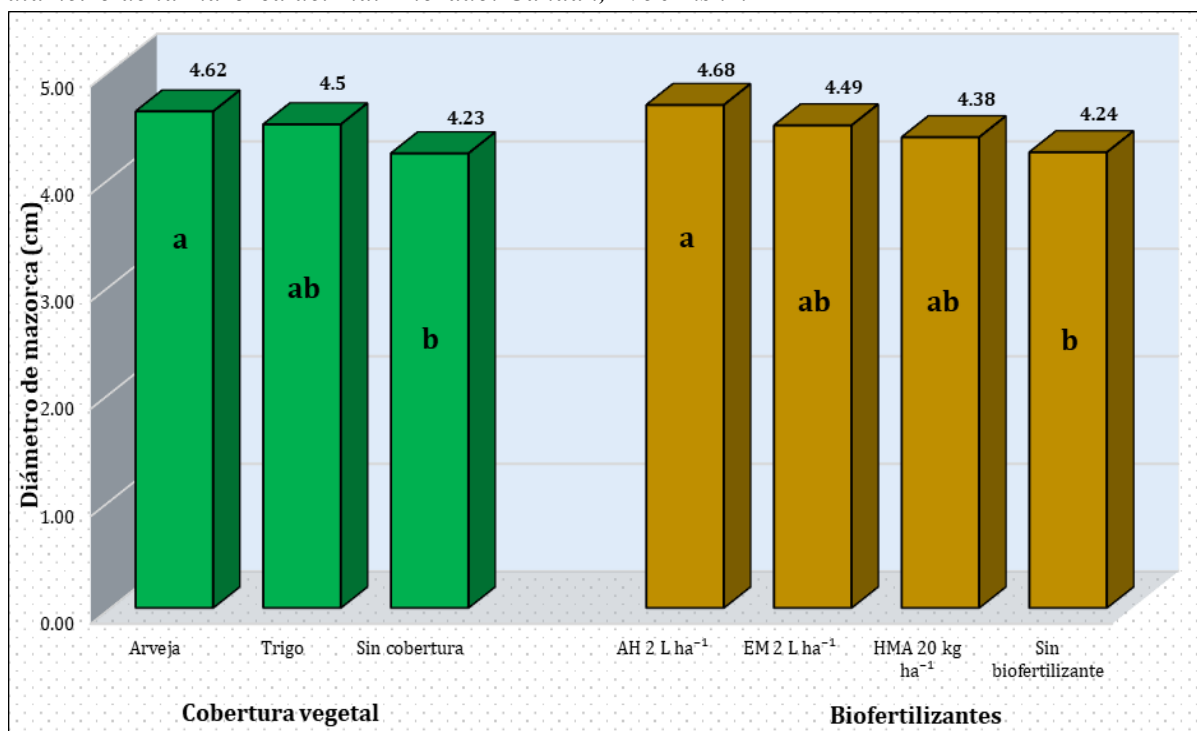
C.V = 6.45 %

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el diámetro de la mazorca del maíz morado (figura 3.5), el mayor diámetro de mazorca se obtuvo en las plantas de maíz

donde se aplicó la cobertura de arveja, 4.62 cm, seguida por las plantas de maíz con la aplicación de cobertura de trigo con 4.50 cm, sin diferencia significativa entre ambos. El tratamiento sin cobertura vegetal tuvo un valor inferior, 4.23 cm, lo que evidenció una diferencia significativa con la cobertura de arveja. En cuanto a los biofertilizantes, el tratamiento con AH logró el mayor diámetro de mazorca con 4.68 cm, superando al tratamiento sin biofertilizante, 4.24 cm, mientras que los tratamientos con EM y HMA presentaron valores intermedios, 4.49 cm y 4.38 cm, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos.

**Figura 3.3**

*Prueba de Tukey para los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el diámetro de la mazorca del maíz morado. Canaán, 2750 msnm*



*Nota.* EM: Microorganismos eficientes, AH: Ácido húmico, HMA: Hongos micorrícicos arbusculares

Estos resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Aguirre (2016), que observó que el uso de los biofertilizantes 4 y 2 posibilitó conseguir diámetros de 4.57 cm y 4.55 cm, respectivamente, en maíz morado cultivado bajo condiciones semejantes.

Asimismo, Zambrano (2024) evaluó cuatro biofertilizantes en dos variedades de maíz morado en Ambo, Huánuco, obteniendo diámetros de mazorca entre 4.64 cm y 4.89 cm, siendo el mayor con el tratamiento INIA 601 + Nutrisorb (4.89 cm). Las diferencias respecto al presente estudio pueden atribuirse a la variación genética de las variedades empleadas y a las distintas condiciones del suelo y clima en cada zona.

La variedad INIA 615 tiene un diámetro promedio de mazorca de 4.6 cm, según Medina et al., (2022). Por lo tanto, los valores alcanzados en este estudio están dentro de esa referencia, lo que confirma la consistencia de los resultados.

Es importante destacar que, a pesar de que los biofertilizantes y la cobertura vegetal tuvieron algún impacto positivo en el diámetro de mazorca, este fue mínimo y los valores continuaron dentro del rango previsto para la variedad INIA 615 - Negro Canaán.

### **Peso de la mazorca**

En la tabla 3.4 se presenta el análisis de varianza del peso de la mazorca de maíz con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes, donde la fuente de variación de cobertura vegetal mostró tener una significancia estadística, lo que indica que este tipo de cobertura tuvo un impacto diferenciado sobre dicha variable. Igualmente, el análisis estadístico demostró que la fuente de variación de biofertilizante y la interacción entre cobertura vegetal y biofertilizante (C\*B) son altamente significativos; esto sugiere que el comportamiento del maíz en relación con el peso de la mazorca no solo depende de las variables consideradas por separado, sino también del modo específico en que interactúan ambas variables

El coeficiente de variación fue 3.01%, lo cual indica que el experimento presentó una adecuada precisión en la evaluación de los datos.

**Tabla 3.6**

*Análisis de varianza del peso de la mazorca de maíz con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm*

<b>F. Variación</b>	<b>G.L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	156.36	78.18	1.89	0.2647 ns
C. Vegetal (C)	2	1173.41	586.71	14.16	0.0153 *
Error (a)	4	165.68	41.42		
Biofertilizante (B)	3	3839.87	1279.96	120.10	<0.0001 **
Interacción (C * B)	6	304.04	50.67	4.75	0.0045 **
Error (b)	18	191.84	10.66		
Total	35	5831.50			

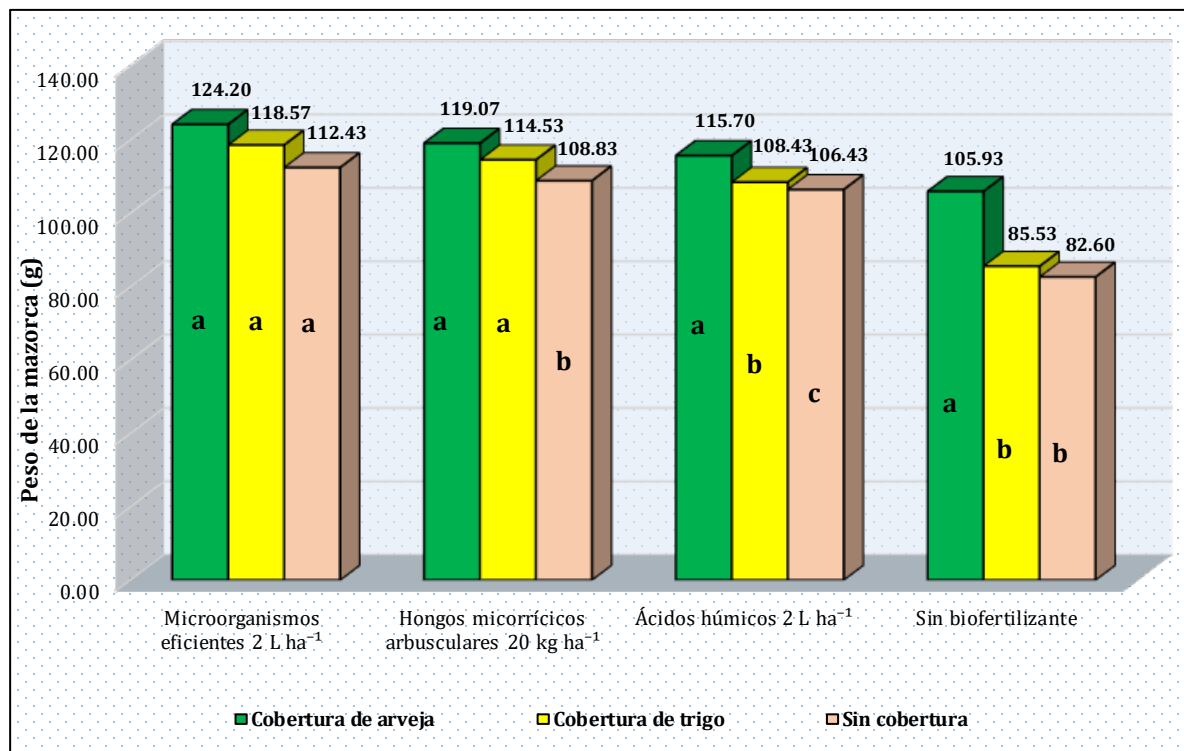
C.V = 3.01 %

En la figura 3.4 presenta la prueba de Tukey de los efectos simples de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el peso de la mazorca del maíz morado. En todos los tratamientos donde se aplicaron cobertura de arveja registraron los mayores pesos de mazorca, seguido por el tratamiento en la que se aplicó cobertura de trigo, independientemente del biofertilizante aplicado. El tratamiento con microorganismos eficientes en combinación con cobertura de arveja alcanzó el mayor peso de la mazorca con 124.20 g. El menor peso de mazorca se obtuvo con el tratamiento donde no se aplicó biofertilizante ni cobertura que alcanzó solo 82.60 g.

En cuanto al efecto de los biofertilizantes, se aprecia que todas las aplicaciones generaron un aumento en el peso de la mazorca con relación al control; sin embargo, la magnitud de dicho efecto dependió del tipo de cobertura vegetal empleada. Esto significa que la cobertura vegetal también favorece el desarrollo de los microorganismos presentes en los biofertilizantes, permitiendo que actúen con mayor efectividad.

**Figura 3.4**

Prueba de Tukey para los efectos simples de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el peso de la mazorca del maíz morado. Canaán, 2750 msnm



Los resultados obtenidos en la figura 3.3 evidencian que la interacción entre los biofertilizantes y la cobertura vegetal influye significativamente en el peso de mazorca en el cultivo de maíz morado. El mayor valor de 124.20 g de peso de mazorca se alcanzó con la combinación de microorganismos eficientes y cobertura de arveja, lo que indica que las condiciones que rodean a un biofertilizante son igualmente importantes que su tipo. Por lo tanto, este efecto positivo puede deberse a la sinergia entre ambos factores: por un lado, la cobertura de arveja tiene una baja relación C/N, debido a que es una leguminosa; esto favorece que sus residuos se descompongan con rapidez y liberen nitrógeno y otros nutrientes en el momento oportuno; y por otro, los microorganismos eficientes aceleran dicho proceso, optimizando la disponibilidad de nutrientes, mejorando la microbiota del suelo y aumentando la absorción de nutrientes por parte de la planta.

Zambrano (2024) evaluó el efecto de los microorganismos eficientes como biofertilizante en el rendimiento del maíz morado, específicamente de la variedad INIA-601, y reportó un peso de mazorca de 174.5 g. Este valor es mayor que el del presente estudio, el cual fue de 124.20 g. Esta diferencia podría atribuirse a la variedad empleada, a las condiciones agroecológicas de la zona, a la fertilidad del terreno y al manejo agronómico.

Mendoza (2022), en la zona baja del valle de Ica, reportó un peso de mazorca de 93.63 g en maíz morado de la variedad Cv. PMV 581, al emplear una combinación de *Bacillus* sp. y *Azotobacter*. Por su parte, Mercado (2022) al evaluar el efecto del extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) al 25% de concentración como biofertilizante en maíz morado, reportó un peso de mazorca de 116.25 g. Los dos resultados fueron menores que los

obtenidos en este estudio, lo cual puede explicarse por la mayor eficiencia de los biofertilizantes utilizados y por el efecto positivo de la cobertura vegetal empleado.

### Rendimiento total de mazorca

En la tabla 3.7 se presenta el análisis de varianza del rendimiento total de mazorca del maíz morado con aplicación de cobertura y biofertilizantes, donde se observa que hubo significación estadística en la fuente de variación cobertura vegetal y una alta significación estadística en la fuente de variación de biofertilizantes destacando su mayor impacto. Sin embargo, no hubo significación estadística en la interacción de cobertura vegetal y biofertilizantes. El coeficiente de variación fue 4.46 % , refleja una buena precisión experimental

**Tabla 3.7**

*Análisis de varianza del rendimiento total de mazorca del maíz morado con aplicación de cobertura vegetal y biofertilizantes. Canaán 2750 msnm*

<b>F. Variación</b>	<b>G.L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	1844333.75	922166.87	4.77	0.0910 ns
C. Vegetal (C)	2	5831972.66	2915986.33	15.46	0.0131 *
Error (a)	4	757413.45	189353.36		
Biofertilizante (B)	3	9149366.32	3049788.77	32.38	0.0001 **
Interacción (C * B)	6	966265.19	161044.20	1.71	0.1740 ns
Error (b)	18	1695267.18	94181.51		
Total	35	20244618.55			

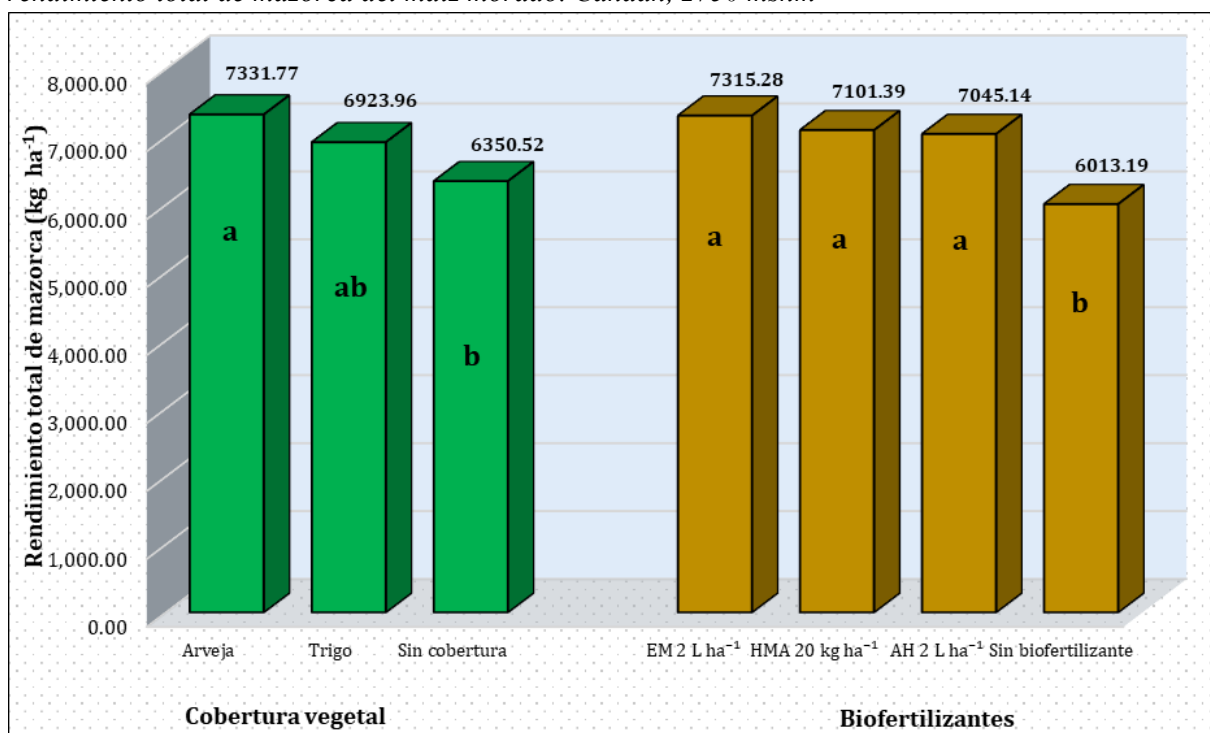
C.V = 4. 46 %

En la figura 3.6 se muestra los resultados de la prueba de Tukey para el rendimiento total de mazorca del maíz morado, donde se observa que las plantas de maíz con aplicación de cobertura de arveja alcanzaron el mayor rendimiento total de mazorca con 7 331.77 kg ha<sup>-1</sup>, seguidas por las plantas de maíz con aplicación de cobertura de trigo con 6 923.96 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el tratamiento sin cobertura vegetal alcanzó solo 6 350.52 kg ha<sup>-1</sup>, siendo estadísticamente inferior al tratamiento con cobertura de arveja. Esto demuestra que la cobertura vegetal no solamente protege el suelo, sino que también influye en la disponibilidad de nutrientes según la relación carbono/nitrógeno que estas tienen. Las leguminosas al tener una baja relación de C/N posibilita una descomposición rápida, liberando nitrógeno a tiempo y beneficiando la actividad de los microorganismos y la nutrición del maíz, lo cual resulta en un aumento mayor de los rendimientos a comparación de cobertura de trigo que tiene una alta relación de C:N que dificulta la liberación oportuna de nutrientes al cultivo de maíz.

En cuanto a los biofertilizantes, el tratamiento con microorganismos eficientes registró el mayor rendimiento total de mazorca con 7 315.28 kg ha<sup>-1</sup>, seguida por el tratamiento donde se aplicó HMA y AH que reportaron 7 101.39 y 7 045.14 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, entre los cuales no existe diferencia estadística significativa. El tratamiento sin biofertilizante, que llegó a 6 013.19 kg ha<sup>-1</sup>, tuvo el rendimiento total más bajo de la mazorca del maíz.

**Figura 3.5**

Prueba de Tukey para los efectos principales de la cobertura vegetal y los biofertilizantes sobre el rendimiento total de mazorca del maíz morado. Canaán, 2750 msnm



Nota. EM: Microorganismos eficientes, AH: Ácido húmico, HMA: Hongos micorrícicos arbusculares

Zambrano (2024) reportó rendimientos entre 5 130.35 y 5 880.39 kg ha<sup>-1</sup> al evaluar cuatro biofertilizantes en maíz morado de las variedades INIA 601 y Negro Cusco en Ambo, Huánuco. Estos valores son ligeramente inferiores a los obtenidos en el presente estudio. Estos valores fueron ligeramente inferiores a los del presente estudio. La diferencia podría deberse a la mayor densidad de siembra utilizada (71 500 plantas ha<sup>-1</sup>), ya que, según el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2020), un número elevado de plantas por hectárea reduce el tamaño de la mazorca y en consecuencia el rendimiento total de mazorca. Resultados similares fueron obtenidos por Escalante (2014), en Huanta, donde el maíz morado alcanzó un rendimiento de 7 299.82 kg ha<sup>-1</sup> con la aplicación de *Azospirillum sp.* en soporte líquido, combinado con guano de isla. En el presente estudio, desarrollado en condiciones agroecológicas similares (Canaán, 2750 msnm), se obtuvo un rendimiento ligeramente superior (7 315.38 kg ha<sup>-1</sup>) mediante la aplicación de biofertilizantes. Esta diferencia podría atribuirse a factores como las condiciones ambientales particulares del sitio y las características edáficas del suelo.

### Análisis de costos y beneficios

En la tabla 3.11 se muestra el análisis costo-beneficio de los tratamientos evaluados en el rendimiento por categoría del maíz morado, donde se visualiza que el tratamiento T<sub>6</sub>, con cobertura de arveja y EM 2 L ha<sup>-1</sup>, registró la mayor relación de B/C con valor de 1.02, seguido por el tratamiento T<sub>8</sub>, con cobertura de arveja y AH 2 L ha<sup>-1</sup> y cobertura de trigo + EM 2 L ha<sup>-1</sup> con un B/C de 0.98 y 0.96, respectivamente. En cambio, el tratamiento T<sub>1</sub>, sin

cobertura ni biofertilizante, presentó la menor relación de B/C con un valor de 0.37, lo que indica que la ausencia de cobertura vegetal y biofertilización reduce significativamente la eficiencia económica del cultivo.

**Tabla 3.8**

*Análisis costo-beneficio de los tratamientos evaluados en el rendimiento por categoría del maíz morado. Canaán, 2750 msnm*

Trat.	Descripción	Costo de producción (ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento total de mazorca (kg ha <sup>-1</sup> )	Venta Total (S/)	Utilidad (S/)	B/C
T6	Cobertura de arveja y EM 2 L ha-1	6191.75	7691.15	12501.76	6310.01	1.02
T8	Cobertura de arveja y AH 2 L ha-1	6116.85	7469.26	12140.39	6023.54	0.98
T10	Cobertura de trigo y EM 2 L ha-1	6191.75	7477.08	12137.80	5946.05	0.96
T12	Cobertura de trigo y AH 2 L ha-1	6116.85	7006.25	11306.81	5189.96	0.85
T2	Sin cobertura y EM 2 L ha-1	5817.25	6777.08	10391.53	4574.28	0.79
T4	Sin cobertura y AH 2 L ha-1	5742.35	6660.42	10171.63	4429.28	0.77
T5	Cobertura de arveja y sin biofertilizante	5934.95	6766.67	10218.78	4283.83	0.72
T7	Cobertura de arveja y HMA 20 kg ha-1	7047.75	7400.00	11701.67	4653.92	0.66
T9	Cobertura de trigo y sin biofertilizante	5934.95	6110.42	9441.88	3506.93	0.59
T11	Cobertura de trigo y HMA 20 kg ha-1	7047.75	7102.08	11196.63	4148.88	0.59
T3	Sin cobertura y HMA20 kg ha-1	6673.25	6802.08	10252.43	3579.18	0.54
T1	Sin cobertura y sin biofertilizante	5560.45	5159.17	7634.33	2073.88	0.37

*Nota.* EM: Microorganismos eficientes, AH: Ácido húmico, HMA: Hongos micorrízicos arbusculares

### CONCLUSIONES

1. La aplicación de microorganismos eficientes, hongos micorrízicos arbusculares, ácidos húmicos y EM tuvieron un efecto positivo en la altura de planta, longitud, diámetro y peso de mazorca y rendimiento total de mazorca.
2. La aplicación de la cobertura de arveja incrementó la altura de planta, longitud y diámetro de la mazorca y rendimiento total de mazorca.
3. La mayor relación beneficio/costo se obtuvo con el T<sub>6</sub> (EM y cobertura de arveja) alcanzando un valor de 1.02; esto la convierte en la opción más rentable y sostenible para cultivar maíz morado bajo las circunstancias del estudio actual.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, E. (2016). *Efecto de la aplicación de humatos de potasio y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado cv. Prosemillas (Zea mays L.) bajo RLAF: goteo* [[Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1977>
- Escalante, H. (2014). *Métodos de inoculación de dos cepas de Azospirillum sp en plantas de maíz morado (Zea mays L.) en Huanta a 2650 msnm*. [Tesis para obtener título profesional]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

- Girón, J., & Llallahui, C. (2018). *Abonamiento orgánico y microorganismos eficientes en la absorción de fósforo por maíz morado (Zea mays L.) - Ayacucho*. *Revistas de Investigación UNSCH*, 11–16.
- Li, Y., Chai, S., Chai, Y., Li, R., Lan, X., Ma, J., Cheng, H., & Chang, L. (2021). *Effects of mulching on soil temperature and yield of winter wheat in the semiarid rainfed area*. *Field Crops Research*, 271, 108244. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108244>
- Macik, M., Gryta, A., & Frac, M. (2020). *Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms* (pp. 31–87). <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.001>
- Medina, A., Yoshino, M., & Maruyama, H. (2022). *Guía de Manejo del Cultivo de Maíz Morado (Zea mays L.)* (Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA, Ed.; Vol. 1). <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/421>
- Mendoza, O. (2022). *Determinación del efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado (Zea mays L.) Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica*. [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional San Luis de Gonzaga.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2022). *Boletines informativos de producción agrícola*. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anales/4-agricola>
- Poma, G. (2020). *Labranza conservacionista y mulch en el rendimiento de maíz amarillo duro (Zea mays L.), Variedad Marginal 28 T, Pichari 550 msnm, Cusco*. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agroforestal]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Ramadhan, M. (2021). *Yield and yield components of maize and soil physical properties as affected by tillage practices and organic mulching*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(12), 7152–7159. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.005>
- Torres, K. (2021). *Abonos orgánicos y densidad de plantas en el rendimiento del maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2735 msnm - Ayacucho*. [Tesis para obtener título profesional]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Zambrano, C. (2024). *Efecto de cuatro biofertilizantes en el suelo y rendimiento de dos variedades de maíz morado en condiciones de Ambo – Huánuco*. [Tesis para optar grado académico de magister]. Universidad Nacional del Altiplano.
- Zeballos, D. (2017). *Efecto de microorganismos eficaces en el rendimiento de cultivares de maíz forrajeros (Zea mays L.) en el C.P.M Los Palos, región Tacna, 2015*. [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna.
- Zhang, Y., Wang, J., Gong, S., Xu, D., & Mo, Y. (2019). *Straw mulching enhanced the photosynthetic capacity of field maize by increasing the leaf N use efficiency*. *Agricultural Water Management*, 218, 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.023>
- Zuta, M. (2024). *Evaluación de bioestimulantes aplicados en diferentes momentos en el rendimiento y comportamiento agronómico de Zea mays variedad INIA 603-Choclero*. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera agrónoma]. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.