



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## ESCUELA DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA



#### TESIS

#### EFFECTO DE CUATRO BIOFERTILIZANTES EN EL SUELO Y RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE MAÍZ MORADO EN CONDICIONES DE AMBO – HUÁNUCO

#### PRESENTADA POR:

**CARLOS ALBERTO ZAMBRANO POMA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAGISTER SCIENTIAE EN AGRICULTURA ANDINA**

**CON ESPECIALIDAD EN AGROECOLOGÍA**

**PUNO, PERÚ**

**2024**

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**EFFECTO DE CUATRO BIOFERTILIZANTES  
EN EL SUELO Y RENDIMIENTO DE DOS V  
ARIETADES DE MAÍZ MORADO EN COND**

AUTOR

**CARLOS ALBERTO ZAMBRANO POMA**

RECuento DE PALABRAS

**34594 Words**

RECuento DE CARACTERES

**191086 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**162 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.1MB**

FECHA DE ENTREGA

**May 9, 2024 4:38 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**May 9, 2024 4:41 PM GMT-5**

● **17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



Dr. Cs. LUIS A. PALAO ITURREGUI  
ING. AGRÓNOMO  
C.I.P. - 18776



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA DE POSGRADO  
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN  
PUNO - PERU  
C.I.P. - 115118

Resumen

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA**

**TESIS**

**EFFECTO DE CUATRO BIOFERTILIZANTES EN EL SUELO Y  
RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE MAÍZ MORADO EN  
CONDICIONES DE AMBO – HUÁNUCO**



**PRESENTADA POR:**

**CARLOS ALBERTO ZAMBRANO POMA**  
**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**  
**MAGISTER SCIENTIAE EN AGRICULTURA ANDINA**  
**CON ESPECIALIDAD EN AGROECOLOGÍA**

**APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:**

**PRESIDENTE**



.....  
Dr. PABLO ANTONIO BELTRÁN BARRIGA

**PRIMER MIEMBRO**



.....  
Dr. JAVIER MAMANI PAREDES

**SEGUNDO MIEMBRO**



.....  
Dr. JUAN CARLOS LUNA QUECAÑO

**ASESOR DE TESIS**



.....  
Dr. LUIS ALFREDO PALAO TURREGUI

Puno, 31 de enero de 2024.

**ÁREA:** Ciencias de la ingeniería

**TEMA:** Efecto de cuatro biofertilizantes en el suelo y rendimiento de dos variedades de maíz morado en condiciones de Ambo – Huánuco

**LÍNEA:** Manejo agronómico de cultivos



## DEDICATORIA

La presente investigación es el fruto de un constante esfuerzo, tenacidad, perseverancia y quiero dedicarle a Dios, por darnos salud, vida, además de ser nuestra fortaleza y guía espiritual durante todos estos años.

A mis padres Ventura Zambrano Hereña y Juana Poma Fuster, quienes me brindaron su apoyo incondicional e incansable para alcanzar mis objetivos.

A mi hijo Carlos Manuel, por ser mi alegría, motivo y fuerza, que me permiten superarme; y a mi esposa Heladia, por su respaldo y comprensión.

*Carlos Alberto Zambrano Poma.*



## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, por abrirme las puertas para poder realizar mis estudios de Posgrado.

A la plana docente de la Maestría en Agricultura Andina con mención en Agroecología, quienes contribuyeron en mi formación académica de magíster durante mi permanencia en sus aulas.

Al Dr. Luis Alfredo Palao Iturregui, en calidad de director de tesis, por su apoyo, el tiempo brindado, sus valiosas sugerencias y aportes para la redacción y ejecución de la presente investigación.

A los miembros del Jurado: Dr. Pablo Antonio Beltrán Barriga, Dr. Javier Mamani Paredes y Dr. Juan Carlos Luna Quecaño, quienes dedicaron su preciado tiempo revisando y haciéndome llegar las sugerencias para mejorar la redacción y presentación de la tesis.

Al Dr. Julio Mayta Quispe, quien me brindó su amistad, conocimientos y la ayuda necesaria para poder iniciar con la investigación, en donde quiera que se encuentre expresarle mi eterno agradecimiento, ya que la tesis se pudo concluir como me lo pidió.

*Carlos Alberto Zambrano Poma.*



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	x
ACRÓNIMOS	xi
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3

### **CAPÍTULO I**

#### **REVISIÓN DE LITERATURA**

1.1	Marco teórico	5
1.1.1	Biofertilizantes y bioestimulantes	5
1.1.2	Ácidos orgánicos	11
1.1.3	Microorganismos eficientes	12
1.1.4	Características de los productos utilizados.	16
1.1.5	Cultivo de maíz morado	21
1.2	Antecedentes	29
1.2.1	Internacionales	29
1.2.2	Nacionales	33
1.2.3	Locales	34

### **CAPÍTULO II**

#### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

2.1	Identificación del problema	36
2.2	Enunciados del problema	37
2.2.1	Problema general	37
2.2.2	Problemas específicos	37
2.3	Justificación	37
2.4	Objetivos	39
2.4.1	Objetivo general	39



2.4.2	Objetivos específicos	39
2.5	Hipótesis	39
2.5.1	Hipótesis general	39
2.5.2	Hipótesis específicas	39
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>		
3.1	Lugar de estudio	40
3.2	Población	40
3.3	Muestra	40
3.4	Método de investigación	41
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	41
3.5.1	Efecto de los biofertilizantes en las características químicas y biológicas del suelo	41
3.5.2	Identificar el tratamiento con biofertilizante que incrementa el rendimiento del maíz morado	42
3.5.3	Rentabilidad de los tratamientos utilizados en la producción de maíz morado.	47
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		
4.1	Resultados	49
4.1.1	Características químicas y biológicas del suelo.	49
4.1.2	De los componentes de rendimiento	62
4.1.3	Rentabilidad económica	94
4.2	Discusión	96
4.2.1	De las características químicas y biológicas del suelo	96
4.2.2	De los componentes de rendimiento	99
4.2.3	Rentabilidad económica	103
	CONCLUSIONES	105
	RECOMENDACIONES	106
	BIBLIOGRAFÍA	107
	ANEXOS	121



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Composición en 100 gr de maíz morado sin coronta.	24
2. Análisis de varianza	44
3. Análisis de varianza del pH de los suelos	49
4. Prueba de Tukey del pH de los suelos	50
5. Análisis de varianza del contenido de materia orgánica de los suelos	51
6. Prueba de Tukey del contenido de la materia orgánica de los suelos	51
7. Análisis de varianza del fósforo disponible en los suelos	53
8. Prueba de Tukey del fósforo disponible en los suelos	53
9. Análisis de varianza del potasio disponible en los suelos	54
10. Prueba de Tukey del potasio disponible en los suelos	55
11. Análisis de varianza de la capacidad de intercambio catiónico	56
12. Prueba de Tukey de la capacidad de intercambio catiónico de los suelos	56
13. Análisis de varianza de la cuantificación de bacterias nitrificantes	58
14. Prueba de Tukey de la cuantificación de bacterias nitrificantes	58
15. Análisis de varianza de la cuantificación de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre	59
16. Prueba de Tukey de la cuantificación de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre	60
17. Análisis de varianza de la biomasa microbiana	61
18. Prueba de Tukey de la biomasa microbiana	62
19. Análisis de varianza de la altura de plantas (cm)	63
20. Prueba de Tukey a las variedades respecto a la altura de plantas (cm)	63
21. Análisis de varianza de la longitud de mazorca (cm)	65
22. Prueba de Tukey a las variedades respecto a la longitud de mazorcas (cm)	65
23. Prueba de Tukey de la interacción de variedades x biofertilizantes respecto a la longitud de mazorca (cm)	66
24. Análisis de varianza del diámetro de mazorca (cm)	68
25. Análisis de varianza del número de mazorcas/planta	69
26. Prueba de Tukey a las variedades respecto al número de mazorcas/planta	69
27. Prueba de Tukey de la interacción de variedad por biofertilizante respecto al número de mazorcas/planta.	70





28.	Análisis de varianza del peso de mazorca (g)	71
29.	Prueba de Tukey a las variedades respecto al peso de mazorca (g).	72
30.	Análisis de varianza del rendimiento total (kg/ha)	73
31.	Prueba de Tukey a los biofertilizantes respecto al rendimiento total (kg/ha).	74
32.	Prueba de Tukey de la interacción variedad por biofertilizante respecto al rendimiento total (kg/ha).	75
33.	Análisis de varianza del rendimiento categoría primera (kg/ha)	77
34.	Prueba de Tukey a las variedades respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría de primera.	78
35.	Prueba de Tukey a los biofertilizantes respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría de primera.	79
36.	Prueba de Tukey de la interacción de variedad por biofertilizante respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría de primera.	80
37.	Análisis de varianza del rendimiento categoría segunda (kg/ha)	81
38.	Prueba de Tukey a las variedades respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría segunda.	82
39.	Prueba de Tukey a los biofertilizantes respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría de segunda.	83
40.	Prueba de Tukey de la interacción variedad por biofertilizante respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría segunda.	84
41.	Análisis de varianza del rendimiento categoría tercera (kg/ha)	85
42.	Prueba de Tukey a las variedades respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría de tercera.	86
43.	Prueba de Tukey de la interacción variedad por biofertilizante respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría de tercera.	87
44.	Análisis de varianza de los días a la cosecha	88
45.	Prueba de Tukey a las variedades respecto a los días a la cosecha.	89
46.	Prueba de Tukey a los biofertilizantes respecto a los días a la cosecha.	90
47.	Prueba de Tukey de la interacción de variedad por biofertilizante respecto a los días a la cosecha.	91
48.	Análisis de varianza del número de hileras de grano por mazorca	92
49.	Análisis de varianza del número de granos por hilera	93
50.	Prueba de Tukey a los biofertilizantes respecto al número de granos por hilera.	94



- 51.** Análisis de rentabilidad para el “Efecto de cuatro biofertilizantes en el suelo y rendimiento de dos variedades de maíz morado en condiciones de Ambo – Huánuco”.

95

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Croquis del campo experimental	46
2. Detalle de la parcela	47
3. pH de los suelos	50
4. Contenido de materia orgánica de los suelos	52
5. Fósforo disponible en los suelos	54
6. Potasio disponible en los suelos	55
7. Capacidad de intercambio catiónico	57
8. Cuantificación de bacterias nitrificantes	59
9. Cuantificación de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre	60
10. Biomasa microbiana	62
11. Altura de plantas en centímetros según variedad	64
12. Longitud de mazorcas (en cm) según variedad	66
13. Longitud de mazorcas (en cm) según interacción de variedad por biofertilizante	67
14. Número de mazorcas/planta según variedad	70
15. Número de mazorcas/planta según interacción variedad por biofertilizante	71
16. Peso de mazorca (en g) según variedad	72
17. Rendimiento total (kg/ha) según biofertilizante	75
18. Rendimiento total (kg/ha) de la interacción variedad por biofertilizante	76
19. Rendimiento categoría primera (kg/ha) según variedad	78
20. Rendimiento categoría primera (kg/ha) según biofertilizante	79
21. Rendimiento categoría primera (kg/ha) en la interacción variedad por biofertilizante	80
22. Rendimiento categoría segunda (kg/ha) según variedad	82
23. Rendimiento categoría segunda (kg/ha) según biofertilizante	83
24. Rendimiento categoría segunda (kg/ha) en la interacción variedad por biofertilizante	84
25. Rendimiento categoría tercera (kg/ha) según variedad	86
26. Rendimiento categoría tercera (kg/ha) de la interacción variedad por biofertilizante	87
27. Días a la cosecha según variedad	89



<b>28.</b>	Días a la cosecha según biofertilizantes	90
<b>29.</b>	Días a la cosecha según interacción de variedad por biofertilizante	91
<b>30.</b>	Número de granos por hilera según biofertilizantes	94



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Matriz de consistencia	121
2. Resultados del análisis químico del suelo	123
3. Resultados del análisis microbiológico del suelo	123
4. Registro de datos de la evaluación de la altura de plantas (cm)	124
5. Registro de datos de la evaluación de la longitud de mazorca (cm)	124
6. Registro de datos de la evaluación del diámetro de mazorca (cm).	125
7. Registro de datos de la evaluación del número de mazorcas/planta.	125
8. Registro de datos de la evaluación del peso de mazorca (g).	126
9. Registro de datos de la evaluación del rendimiento por hectárea (kg/ha).	126
10. Registro de datos de la evaluación del rendimiento de primera en kg/ha.	127
11. Registro de datos de la evaluación del rendimiento de segunda en kg/ha.	127
12. Registro de datos de la evaluación del rendimiento de tercera en kg/ha.	128
13. Registro de datos de la evaluación de los días a la cosecha.	128
14. Registro de datos de la evaluación del número de hileras de grano por mazorca.	129
15. Registro de datos de la evaluación del número de granos por hilera.	129
16. Costos de producción de los tratamientos en estudio.	130
17. Muestreo de suelos.	130
18. Preparación del suelo.	131
19. Demarcación del terreno.	131
20. Surcado de las parcelas.	131
21. Aplicación del biofertilizante Biofit.	132
22. Siembra de las parcelas experimentales.	132
23. Vista panorámica del campo en la emergencia y el periodo de crecimiento.	132
24. Medición de la altura de las plantas.	133
25. Momento de la cosecha de las parcelas.	133
26. Rendimiento de primera, segunda y tercera de los tratamientos T1 y T2.	133
27. Rendimiento de primera, segunda y tercera de los tratamientos T3 y T4.	134
28. Rendimiento de primera, segunda y tercera de los tratamientos T5 y T6.	134
29. Rendimiento de primera, segunda y tercera de los tratamientos T7 y T8.	134
30. Rendimiento de primera, segunda y tercera de los tratamientos T9 y T10.	135



## ACRÓNIMOS

ADS	:	Antes de la siembra
BFN	:	Bacterias fijadoras de nitrógeno
CIC	:	Capacidad de intercambio catiónico
DBCA	:	Diseño bloque completo al azar
EEAITAJ	:	Estación experimental agropecuario para la introducción de tecnologías Apropriadas de Japón
EM	:	Microorganismos eficientes
EMA	:	Microorganismos eficaces activados
INIA	:	Instituto nacional de investigación agraria
MIDAGRI	:	Ministerio de desarrollo agrario y riego
PGPR	:	Bacterias promotoras de crecimiento vegetal
UFC	:	Unidades formadoras de colonias

## RESUMEN

Los métodos agrícolas convencionales han impulsado la producción, pero han causado problemas como la degradación del suelo y la contaminación del agua; el uso eficaz de biofertilizantes exige una selección adecuada, dosificación precisa y adaptación a condiciones agrícolas específicas; el objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de biofertilizantes en el suelo y el rendimiento del maíz morado en condiciones climáticas de Ambo – Huánuco. La metodología es experimental y secuencial, para el análisis estadístico se utilizó el DBCA; para calcular el valor crítico la comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Los resultados indican que el Biofit presentó valores de 7.26 y 6.51%, para el pH y materia orgánica, se incrementó la CIC con el 10 en uno a 12.42 meq/100g; también Biofit presentó valores superiores para la cuantificación de bacterias nitrificantes ( $1.49623566 \times 10^6$  UFC/g suelo), BFN de vida libre ( $1496235.66 \times 10^6$  UFC/g, suelo) y biomasa microbiana (1.55 mg C/g suelo); mayor rendimiento de primera se presentó en T7 con 4285.59 kg/ha, de segunda en T4 con 1783.77 kg/ha, el rendimiento total fue 6520 kg/ha con el T4; la mayor rentabilidad fue obtenida con los tratamientos T7, T4 y T9 con 44.12 %; 44.02 % y 41.28 % respectivamente. Se concluye que la aplicación de biofertilizantes representa una alternativa tecnológica al uso de fertilizantes debido al efecto positivo sobre las características químicas y biológicas del suelo, el rendimiento y la rentabilidad del maíz morado para las condiciones de producción de Ambo – Huánuco.

**Palabras clave:** Bioestimulantes, biofertilización, biofertilizantes, maíz morado, microorganismos eficientes, promotores de crecimiento

## ABSTRACT

Conventional agricultural methods have boosted the production, but have caused problems such as soil degradation and water pollution; effective use of biofertilizers demands proper selection, precise dosing, and adaptation to specific agricultural conditions; the aim was to assess the effect of biofertilizer application on soil and purple corn yield under Ambo – Huánuco climatic conditions. The methodology is experimental and sequential, for statistical analysis, RCBD was used; to calculate the critical value Tukey's multiple comparison ( $\alpha = 0.05$ ). The results indicate that Biofit showed values of 7.26 and 6.51% for pH and organic matter, CEC was increased with the 10 in one to 12.42 meq/100g; Biofit also showed higher values for quantification of nitrifying bacteria ( $1.49623566 \times 10^6$  CFU/g soil), free-living NFB ( $1496235.66 \times 10^6$  CFU/g soil), and microbial biomass (1.55 mg C/g soil); higher field of first was presented in T7 with 4285.59 kg/ha, second yield in T4 with 1783.77 kg/ha, total yield was 6520 kg/ha with T4; the highest profitability was obtained with treatments T7, T4, and T9 with 44.12%, 44.02%, and 41.28% respectively. It is concluded that the application of biofertilizers represents a technological alternative to the use of fertilizers due to the positive effect on soil chemical and biological characteristics, the yield and profitability of purple corn under Ambo – Huánuco production conditions.

**Keywords:** Biostimulants, biofertilization, biofertilizers, purple corn, efficient microorganisms, growth promoters

103



Dra. Myriam E. Pacheco Tanaka  
C.Q.F. 01222



## INTRODUCCIÓN

El aumento en la demanda de alimentos debido al crecimiento de la población en el mundo, genera uno de los mayores desafíos para la agricultura en la actualidad y en las próximas décadas incrementando la producción de los alimentos en la misma área agrícola, por lo que el suelo al ser un recurso finito adquiere un papel relevante (Pedraza et al., 2021). El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conoce, además la única especie cultivada del género *Zea*. El maíz morado es un maíz amiláceo que tiene su origen en la prehistoria peruana, siendo heredera de la raza Kculli, su importancia radica en el contenido de antocianina, el cual presenta propiedades antioxidantes, anticancerígenas y fortalecedor del sistema inmunológico, también es un insumo en la industria alimentaria, farmacéutica y de la belleza (MIDAGRI, 2021; Quispe, 2017). La producción de maíz morado en Perú se encuentra ubicada en ocho regiones, a nivel de la costa, en Lima, La Libertad, Ica y Lambayeque, en ese orden de importancia. En la sierra se sitúa en Arequipa, Ayacucho, Áncash, Huánuco, durante casi una gran parte del año. Asimismo; se tienen producciones estacionales (con la presencia de lluvias) en Moquegua, Cajamarca y Apurímac (MIDAGRI, 2021). Las prácticas agrícolas convencionales, incluido el uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes químicos, han llevado a un aumento de la producción agrícola, pero también han causado problemas como la degradación del suelo y la contaminación del agua (Bibi y Ilyas, 2020). La falta de información, orientación técnica y disponibilidad de los biofertilizantes a nivel local son los principales obstáculos con los que se encuentran los agricultores para poder adoptar estas nuevas alternativas tecnológicas (Parvathi, 2023). Los agricultores del distrito de Ambo utilizan los fertilizantes inorgánicos para garantizar la nutrición del maíz morado y de otros cultivos, aumentando su uso año tras año, además de forzar y empobrecer las áreas de cultivo. Contrario a esto, los biofertilizantes han sido identificados como una alternativa biotecnológica para poder incrementar la fertilidad del suelo y, por consiguiente, la producción de los cultivos, generándose de esta manera una agricultura sostenible (Pedraza et al., 2021). Asimismo, Sirpat (2022) menciona que los biofertilizantes mejoran las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, mitigan las enfermedades transmitidas por el suelo y aumentan la eficiencia fotosintética de las plantas. Teniendo en consideración la importancia del cultivo de maíz morado en el distrito de Ambo, región Huánuco, y con la necesidad de mantener y/o elevar los niveles de producción e ingresos económicos de los agricultores, la presente investigación busca



demostrar mediante la experimentación científica la viabilidad del uso de los biofertilizantes, como una alternativa de tecnología orgánica para reducir y/o evitar la aplicación excesiva de los fertilizantes químicos.

La estructura de la presente investigación es como sigue: Introducción; Capítulo I Revisión de literatura; Capítulo II Planteamiento del problema comprendiendo la identificación y el enunciado del problema, justificación, objetivos, hipótesis; Capítulo III Materiales y métodos propios al desarrollo del estudio; Capítulo IV Resultados y discusión; Conclusiones; Recomendaciones; Bibliografía y Anexos.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1 Marco teórico

##### 1.1.1 Biofertilizantes y bioestimulantes

“Los biofertilizantes y bioestimulantes son productos constituidos por microorganismos vivos y/o los metabolitos que ellos producen, los cuales son capaces de ejercer un efecto beneficioso sobre las plantas” (Castillo et al., 2007).

Según Moreno et al. (2018) los biofertilizantes son aquellos productos que contienen microorganismos vivos, con capacidad de colonizar la rizósfera o el interior de las plantas, cuando son aplicados al suelo, a través de la inoculación de las semillas y/o directamente a las plantas; los biofertilizantes, a diferencia de los fertilizantes sintéticos y orgánicos, no suministran nutrientes directamente a los cultivos.

Armenta et al. (2010) señalan que “los biofertilizantes son preparados de microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos”.

du Jardin (2015) menciona que “un bioestimulante vegetal es cualquier sustancia o microorganismo aplicado a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y/o las características de calidad del cultivo, independientemente de su contenido de nutrientes”.

Asimismo, Yakhin et al. (2017) definen los bioestimulantes como productos formulados de origen biológico que mejoran la productividad de las plantas como resultado de propiedades nuevas o emergentes del complejo de constituyentes, no solo como resultado de la presencia de nutrientes vegetales esenciales conocidos, reguladores del crecimiento de las plantas o compuestos protectores de las plantas. Además, los bioestimulantes ofrecen un enfoque potencialmente novedoso para la regulación del crecimiento de las plantas.

Los microorganismos utilizados en los biofertilizantes son clasificados dentro de dos grupos: El primer grupo incluye microorganismos que tienen la capacidad de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al stress por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas, por parte de la planta. El segundo grupo incluye microorganismos los cuales son capaces de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos (Bashan y Holguin, 1998; Lucy et al., 2004)

Mishra y Dash (2014) elaboraron un listado de ventajas y desventajas con respecto al empleo de biofertilizantes, las cuales se describen a continuación:

- Ventajas:
  - El suministro de nutrientes es más equilibrado, lo que ayuda a mantener las plantas sanas.
  - Mejoran la actividad biológica del suelo, lo que mejora la movilización de nutrientes de fuentes orgánicas y químicas y descomposición de sustancias tóxicas.
  - Potencian la colonización de micorrizas, lo que mejora el suministro del fósforo.
  - Mejoran la estructura del suelo, lo que lleva a un mejor crecimiento de las raíces.
  - Aumentan el contenido de materia orgánica del suelo, mejorando así la capacidad de intercambio de nutrientes, aumentando la retención de agua del suelo, promoviendo los agregados y amortiguando el suelo contra la acidez, alcalinidad, salinidad, pesticidas y metales pesados tóxicos.
  - Liberan nutrientes lentamente y contribuyen al depósito residual de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en el suelo, reduciendo la pérdida por lixiviación de nitrógeno y fijación de fósforo; también pueden suministrar micronutrientes.
  - Fomentan el crecimiento de microorganismos benéficos y lombrices.
  - Ayudan a suprimir ciertas enfermedades y parásitos de las plantas que se transmiten por el suelo.

- Desventajas:
  - Son comparativamente bajos en contenido de nutrientes, por lo que se necesita un volumen mayor para proporcionar suficientes nutrientes para el crecimiento de los cultivos.
  - La tasa de liberación de nutrientes es demasiado lenta para cumplir con los requisitos del cultivo en poco tiempo, por lo tanto, puede ocurrir alguna deficiencia de nutrientes.
  - Los principales nutrientes de las plantas pueden no existir en los fertilizantes orgánicos en cantidad suficiente para sostener el máximo crecimiento de los cultivos.

#### **A. Principales categorías de bioestimulantes vegetales**

du Jardin (2015) menciona que las principales categorías ampliamente reconocidas por la comunidad científica, los reguladores y partes interesadas, las cuales comprenden tanto las sustancias como los microorganismos que incluyen a las bacterias beneficiosas, principalmente PGPR y hongos beneficiosos; estos pueden ser de vida libre, rizosféricos o endosimbióticos son los siguientes:

- Ácidos húmicos y fúlvicos

Las sustancias húmicas son grupos de compuestos diversos que se clasifican inicialmente según sus pesos moleculares y solubilidad en huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. Estos compuestos son reconocidos como importantes contribuyentes a la fertilidad del suelo, influyendo en las propiedades físicas, fisicoquímicas, químicas y biológicas del suelo. Por lo tanto, la mayoría de los efectos bioestimulantes de las sustancias húmicas están relacionados (du Jardin, 2015).

- Hidrolizados de proteínas y otros compuestos que contienen N

Los hidrolizados de proteínas son un grupo de bioestimulantes vegetales que se usan para estimular los cultivos. Estos grupos se producen a través de materias primas de origen animal o vegetal (Colla et al., 2015).

Según du Jardín (2015) los hidrolizados de proteínas afectan directamente a las plantas que incluyen la modulación de la absorción y asimilación de N, mediante la regulación de las enzimas implicadas en la asimilación de N y de sus genes estructurales, y actúan sobre la vía de señalización de la adquisición de N en las raíces.

- Extractos de algas y botánicos

Durante mucho tiempo, las microalgas y las macroalgas se han utilizado como fuentes de alimentos, materias primas industriales y como cambios en los sistemas de producción de cultivos. Esto se debe a que contienen una variedad de compuestos estimulantes del crecimiento de las plantas, lo que permite aumentar la productividad de las plantas y la producción de alimentos en diversas regiones del mundo gracias a sus beneficios para las hojas (Craigie, 2011; Khan et al., 2009).

- Chitosan y otros biopolímeros

La quitina de los caparzones de crustáceos, principalmente cangrejo, camarón, langosta y calamar, son una quitina de interés agrícola por ser un bioestimulante natural; además, presentan actividad antiviral, bactericida, fungicida; también tiene una comprobada capacidad elicitora (Peniche et al., 2015).

- Compuestos inorgánicos

Deliopoulos et al. (2010) menciona que los modos de acción de las sales inorgánicas no están completamente establecidos para todos los grupos. Sin embargo, los principales mecanismos del efecto antifúngico son los siguientes: (i) los bicarbonatos elevan el pH y deshidratan las esporas de los hongos, (ii) los fosfatos inducen una resistencia sistémica adquirida, (iii) los silicatos acumulan fitoalexinas flavonoides en las hojas infectadas, (iv) los cloruros regulan la ósmosis y (v) los fosfitos inhiben la esporulación de los hongos y estimulan los mecanismos de defensa de las plantas.

- Hongos benéficos

Torres et al. (2018) menciona que las micorrizas arbusculares mejoran el desarrollo del sistema radicular, lo que lleva a una absorción más eficiente de los nutrientes minerales, incluidos los microelementos esenciales como el Zn, el Cu, el B, el Mo, el Fe y el Mn, así como los macronutrientes que son escasos en el suelo (P y NH<sub>4</sub>). Además, mejoran la regulación del agua y participan en el reciclaje de nutrientes a través de la biomasa y las esporas del micelio fúngico.

- Bacterias beneficiosas

La rizosfera promueve el crecimiento de microorganismos. Las plantas proporcionan un ambiente y nutrientes para los microorganismos. Los microorganismos ayudan a las plantas a crecer y a soportar el estrés. También desempeñan un papel en los ciclos biogeoquímicos. Esto crea una relación simbiótica (B. Moreno, 2012; Philippot et al., 2013).

## **B. Tipos de formulación de los biofertilizantes**

Arora et al. (2010) mencionan que las bioformulaciones son productos biológicamente activos que contienen uno o más cepas microbianas beneficiosas en un material portador económico y fácil de usar.

El proceso de formulación de un biofertilizante comprende una serie de procedimientos y tecnologías posteriores a la multiplicación de los microorganismos, las mismas que deben estar enfocados a su preservación y presentación comercialmente aceptable que permita mantener una viabilidad máxima del producto durante el mayor tiempo posible (B. Moreno et al., 2012)

Según Bashan (1998) las formulaciones de los biofertilizantes vienen en cuatro formas básicas de dispersión como son: en polvo, suspensiones, granulares y líquidos.

Polvos. Esta forma de aplicación es la más usada cuando se desea inocular las semillas antes de ser sembradas; asimismo, cuanto menor sea el tamaño de la partícula del inoculante este se adherirá mejor a las semillas.

Suspensiones. Esta aplicación se basa en inoculantes en polvo que se encuentran suspendidos en líquido (generalmente agua); la suspensión se aplica directamente al surco o, alternativamente, las semillas se sumergen justo antes de su siembra.

Granulares. Estos inoculantes se aplican directamente al surco junto con las semillas, el tamaño de las partículas está comprendido entre los 0,35 mm a 1,18 mm. Los inoculantes formulados a base de Rhizobium se utilizan a razón de 5 a 30 kg/ha.

Líquidos. Estos inoculantes utilizan caldos de cultivo o formulaciones líquidas, principalmente en agua, pero también en aceites minerales u orgánicos; las semillas se sumergen en el inoculante antes de la siembra, o mediante una mochila de aspersión se rocía uniformemente el inoculante sobre las semillas, luego de su secado se procede a la siembra. Moreno et al. (2012) señalan que, por su método de fabricación, estos biofertilizantes son perfectamente estériles y muestran una supervivencia superior a un año siempre en cuando los envases son conservados a temperaturas próximas a los 4°C, además presentan la facilidad de ser utilizados a través de los sistemas de riego por aspersión.

### **C. Modo de aplicación del biofertilizante formulado**

Bashan (1998) menciona que hay muchas formas de aplicar biofertilizantes formulados en el suelo y estos son:

- La inoculación de semillas con formulaciones en polvo,
- Biofertilizantes secos mezclados con las semillas en la tolva de semillas,
- Método de aspersión (una pequeña cantidad de agua mezclado con semillas antes de agregar y mezclar turba en polvo),



- Método de suspensión (el biofertilizante se suspende en agua y luego agregado a las semillas y mezclado),
- Suspensión de turba en agua rociada en el surco durante la siembra, y
- Aplicación al suelo.

### 1.1.2 Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos se caracterizan por presentar un átomo de hidrógeno polarizado positivamente, y son de dos tipos principalmente: (a) aquellos ácidos como el metanol y el ácido acético que contienen un átomo de hidrógeno unido a un átomo de oxígeno electronegativo (O – H), y (b) aquéllos como la acetona, que contienen un átomo de hidrógeno unido a un átomo de carbono al lado de un enlace C=O (O=C–C–H) (McMurry, 2008).

Los compuestos llamados ácidos carboxílicos, los cuales contienen el grupo funcional –CO<sub>2</sub>H, se encuentran abundantemente en todos los organismos vivos y están involucrados en casi todas las vías metabólicas, entre ellos tenemos el ácido acético, el ácido pirúvico y el ácido cítrico (McMurry, 2008).

La importancia de los ácidos carboxílicos está en su relación con el metabolismo del nitrógeno debido a que contribuyen en la formación de casi todos los tejidos, además son componentes esenciales en muchas sustancias vegetales; forma parte de las moléculas proteínicas, las cuales intervienen en el mecanismo enzimático que hace posible la realización del metabolismo celular (Román y Gutiérrez, 1998).

Investigaciones realizadas en la Universidad de Arkansas demostraron que los ácidos polihidrocarboxílicos actúan dentro de la planta: a) Aumentando la síntesis de metabolitos de transporte (polioles), el cual favorece el movimiento basípeto de las auxinas y fotosintatos aportadores de estructuras de carbono hacia la raíz; b) Favorecen el transporte de nutrientes hacia los sitios de demanda; c) Incrementan la actividad respiratoria, lo cual permite disponer de mayor cantidad de energía en las células de la raíz para la absorción de nutrientes; d) Induce una síntesis de novo de ácidos carboxílicos, actuando estos como agentes quelantes de muchos microelementos; e) Incrementan la actividad fotosintética provocando

una mayor acumulación de biomasa, el cual es producto de la actividad respiratoria; f) Intensifican el bombeo electrogénico a nivel de las membranas celulares. (Innovak Ltda, 2006, como se citó en Guerrero et al., 2007).

Los ácidos ECCA Carboxy® de tipo aromático influyen en el metabolismo de la raíz, generando transportadores de auxinas naturales de la planta, que mantienen la generación de pelos absorbentes; además estimulan el proceso de bombeo electrogénico, que conduce a una mayor toma de nutrientes por área superficial de raíz y por tiempo; teniendo como resultado una mayor extracción de nutrientes de la solución del suelo y como consecuencia mejor desarrollo del cultivo (InnovakGlobal, 2018b).

### 1.1.3 Microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes o EM (del inglés Efficient Microorganism) son un cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales sin manipulación genética, que se encuentran presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros, y ayudan a mantener un equilibrio natural con los microorganismos que se encuentran en el entorno, (Hoyos et al., 2008). Está compuesto principalmente por bacterias fotosintéticas o fototróficas (*Rhodospseudomonas* spp.), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* spp.) y levaduras (*Saccharomycetes* spp.). (Callisaya y Fernández, 2017). Pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos, esto permite aumentar su salud y calidad; la misma que se ve reflejada en el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento de los cultivos (Arias, 2010).

La tecnología EM, fue desarrollada por el doctor Teruo Higa, profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, a comienzos de los años sesenta, en busca de una alternativa que reemplazara los fertilizantes y pesticidas sintéticos, que habían sido difundidos después de la segunda guerra mundial para la producción de alimentos en el mundo entero (Arias, 2010).

El principio fundamental de esta tecnología fue la introducción de un grupo de microorganismos benéficos para mejorar las condiciones del suelo, suprimir la putrefacción (incluyendo enfermedades) microbios y mejorar la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas (Nishikawa, 2011).

La tecnología EM se caracteriza por que supera las cualidades de los métodos agrícolas modernos; ya que no utiliza ningún fármaco agrícola, pesticida o fertilizante, pero si optimiza el funcionamiento de los microorganismos efectivos mostrando un potencial en términos de calidad y cantidad que están muy lejos de otros métodos y sistemas agrícolas modernos; por lo que la agricultura basada en EM puede ser descrita como el estilo natural de cultivar en el futuro (Higa, 2002).

El EM ayuda al proceso de descomposición de materiales orgánicos y durante la fermentación produce ácidos orgánicos que normalmente no se encuentran disponibles como: ácidos lácticos, ácidos acéticos, aminoácidos y ácidos málicos, sustancias bioactivas y vitaminas; uno de los ingredientes principales en este proceso es la materia orgánica que es suministrada por el reciclado de residuos de los cultivos, materia verde y desechos animales; durante este proceso se incrementa el humus en el suelo; asimismo, las bacterias ácido lácticas, eliminan los microorganismos patogénicos directa e indirectamente por la producción de actinomicetes (Nishikawa, 2011).

Higa y Parr (2013) mencionan que dentro de las perspectivas en el rol y aplicación de la tecnología EM como inoculantes microbianos es lograr un equilibrio microbiológico del suelo, para mejorar su calidad y así poder incrementar la producción y protección de los cultivos, conservando los recursos naturales y creando un entorno más sostenible entre agricultura y medio ambiente; por ende “la tecnología EM se ve como una herramienta valiosa y potencial que puede ayudar al productor a desarrollar sistemas de producción que sean económica, ambiental y socialmente sostenibles”

#### **A. El EM – 1**

El EM tiene varias denominaciones, por ejemplo; EM Solución Madre, EM Original, EM Básico, EM Concentrado etc., son diferentes nombres para un mismo producto, pero el nombre generalizado es EM-1; y viene únicamente en forma líquida y contiene microorganismos útiles y seguros (Nishikawa, 2011).

EM•1® es un inoculante biológico para las plantas que está elaborado a base de microorganismos con acción simbiótica, para promover el crecimiento de las plantas y prevenir la presencia de plagas y enfermedades (BIOEM, 2022).

El EM es un producto microbiano multipropósito, que contiene varios tipos de organismos vivos, los cuales se propagan entre ellos mismos bajo condiciones ambientales y de alimento favorables; esta propagación se conoce como activación (Ramírez, 2006). Los EM se encuentran disponibles en estado inactivo y requiere activación antes de la aplicación (Mathews y Gowrilekshmi, 2016).

#### La activación del EM – 1 a EMA

Según Ramírez (2006) la técnica de activación del EM – 1 descrita a continuación permite tener una mayor cantidad de microorganismos benéficos y minimizar el costo del insumo; para poder preparar 20 partes de EM Activado (EMA), a partir de una parte de EM – 1 se necesita: un recipiente limpio de plástico que pueda cerrarse herméticamente; no utilizar botellas o contenedores de vidrio, agua de lluvia y/o destilada mientras el agua sea de mejor calidad se obtendrán mejores resultados, EM-1 para el 5% del total del volumen, melaza para un 5 % del volumen total a preparar; no debe contener preservantes o estar contaminada con microorganismos. EEAITAJ (2015) menciona que la melaza debe ser de 80° Brix o superior, además de ser pasteurizada a una temperatura de 80° Celsius; asimismo no debe utilizarse la melaza de remolacha. Las herramientas auxiliares para poder realizar el proceso de preparación son: un embudo, una olla o taza para mezclar, una cuchara y un papel indicador de pH para medir su valor (Luna y Mesa, 2016).

El procedimiento recomendado por EEAITAJ (2015) es: calentar el agua (90 % del volumen total) entre 35 a 40° C; en una olla, mezclar la melaza (5% del volumen) con agua caliente, calentando hasta 80°C o 20 minutos; combinar con el agua restante y añadir EM-1; cerrar herméticamente y deja fermentar a 25-35°C por 5-7 días, abriendo la tapa brevemente cada dos días para liberar gases; el producto final es un líquido

marrón con olor y sabor característicos. Almacenar en un lugar fresco y oscuro a una temperatura de 20°C a 30°C sin refrigeración, su vida útil es de 60-90 días (Luna y Mesa, 2016).

No se puede utilizar el producto de la activación del EM – 1 (EMA) para realizar otra activación debido a que la coexistencia y acoplamiento de los grupos de microorganismo que lo conforman, como las bacterias ácido lácticas, bacterias fototrópicas y levaduras, presentarían un desbalance y desacoplamiento en sus interrelaciones (Ramírez, 2006). Por lo tanto, no hay garantía sobre su calidad y función; por consiguiente, la calidad de EMA es muy importante y va depender de los insumos utilizados y del procedimiento para activarlos. (Nishikawa, 2011).

## **B. Aplicaciones agrícolas de los Microorganismos Eficientes**

Tanya y Leiva (2019) mencionan para que la acción de los microorganismos sea eficiente se debe conocer los requerimientos ambientales, como la humedad, temperatura y pH; además existe una mayor diversidad de microorganismos en ambientes de pH neutro entre valores de 6 a 8 y con temperaturas entre 15 y 45 °C.

Los EM son utilizados en la agricultura, como fertilizante orgánico, y se pretende reemplazar a los agroquímicos y fertilizantes sintéticos en varios cultivos (Callisaya y Fernández, 2017). La tecnología EM se enfoca en el mejoramiento de la calidad del suelo construyendo una microflora balanceada con la mayoría de especies de microorganismos benéficos; a través de esto, es posible transformar cualquier enfermedad del suelo inductor de enfermedades en un suelo supresor de enfermedades, zimogénico y finalmente sintetizador; asimismo la tecnología EM puede ser utilizada en la preparación del terreno, germinación y enraizamiento del material vegetal, la siembra y trasplante y el mantenimiento del suelo y follaje de las plantas (Nishikawa, 2011); esto permitirá incrementar la producción, asimismo ayudar a prevenir y disminuir el ataque de plagas y enfermedades; el uso de los EM también abarca las áreas de la ganadería, el medio ambiente, salud, industria, construcción entre otros (Callisaya y Fernández, 2017).

### C. Efectos de los Microorganismos Eficientes

Según Arias (2010), OISCA-BID (2009) y Moya (2012) los principales efectos benéficos de la aplicación de los EM en el área agrícola son los siguientes:

En el suelo: Mejora las propiedades física, química y biológica de los suelos. Reduce su compactación. Incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. Suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que promueven enfermedades y que se desarrollan en el suelo por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen. Solubiliza nutrientes en el suelo. Incrementa la eficacia de la materia orgánica como fertilizante. Mejora la calidad y aumenta la rapidez en la elaboración del abono. Acelera la descomposición natural de los residuos de cosecha dejados en el campo. Reincorpora aguas residuales como aguas de riego.

En las semillas y plantas: Promueve la germinación y el crecimiento de las raíces en las semillas. Aumenta el vigor y las probabilidades de supervivencia de las plántulas. Promueve la floración, el desarrollo de los frutos y la reproducción de las plantas. Ayuda a las plantas a desarrollar resistencia a plagas y enfermedades. Aumenta la capacidad fotosintética de los cultivos.

#### 1.1.4 Características de los productos utilizados.

Lo productos utilizados en la presente investigación son los siguientes:

##### A. Biofit RTU

Según InnovakGlobal (2018a), las características y/o ficha técnica del Biofit RTU como promotor de la fertilidad biológica es como sigue:

Características

Datos físicos:

- pH 4.0 -6.0

- Olor Característico
- Forma Polvo
- Color Café
- Densidad aparente  $0,5 - 0,7 \text{ g/cm}^3$

#### Contenido:

- Hongos  $1 \times 10^7$  UFC /gr
- Solubilizadores de fosfatos  $1 \times 10^7$  UFC /gr
- Mesófilos aerobios  $1 \times 10^7$  UFC /gr
- Bacterias Diazotróficas  $1 \times 10^7$  UFC /gr
- Carbón orgánico oxidable  $1 \times 10^7$  20 %

#### ¿Qué hace?

Recupera la microbiología fitobenéfica y mantiene la capacidad productiva de los suelos.

#### ¿Cómo lo hace?

Biofit® RTU es una formulación que restablece la microbiología de los suelos agotados y mantiene de manera integral la fertilidad biológica, ya que contiene una diversidad de microorganismos benéficos del suelo que permiten optimizar la nutrición y desarrollo del cultivo, mejorando la estructura del suelo, favoreciendo la salud de las plantas desde la raíz.

Beneficios: Enriquece la microbiología del suelo; mejora la actividad y desarrollo radicular; optimiza el estado nutricional del cultivo; el uso de Biofit® RTU contribuye al mejoramiento de la estructura del suelo; aumenta la productividad del cultivo; de fácil aplicación y manejo.

#### Recomendaciones de uso

1 a 2 kilos por hectárea, puede ser aplicado en cultivos: frutícolas, hortícolas, ornamentales y forrajeros. Se recomienda aplicar BIOFIT a través de sistemas de riego presurizado (goteo, aspersión o micro

aspersión), por drench o inyectado al sistema radicular de las plantas. Por campaña, se recomienda realizar mínimo 2 – 3 aplicaciones.

## **B. Nutrisorb G**

Las características y/o ficha técnica del Nutrisorb G como Bioestimulante para la asimilación de nutrientes, según InnovakGlobal (2018b), es como sigue:

¿Qué hace?

Induce la formación de pelos absorbentes, favorece el desarrollo radicular y el proceso de absorción activa de nutrientes.

¿Cómo lo hace?

Los ácidos ECCA Carboxy® de tipo aromático influyen en el metabolismo de la raíz, i) generando transportadores de auxinas naturales de la planta, que estimula la formación de pelos absorbentes; ii) estimula el bombeo electrogénico, que conduce a una mayor toma de nutrientes por área superficial de raíz y por tiempo. En conjunto resulta en una mayor extracción de nutrientes del suelo y como consecuencia mejor desarrollo y rendimiento del cultivo.

Beneficios: Mayor desarrollo radicular activo; mayor retorno económico por unidad de fertilizante aplicado; prolongada vida productiva del cultivo con frutos de calidad; desarrollo vegetativo equilibrado de la planta, como consecuencia de la mejor extracción de nutrientes; desbloquea nutrientes inmovilizados en el suelo debido a la activación radicular y acidificación de la rizósfera.

Recomendaciones de uso

Se aplica en mezcla con los fertilizantes granulados, al voleo o en banda. Puede aplicarse desde el trasplante hasta la fructificación.



**C. 10 en uno**

Según BIOPERÚ (2019) las características del fertilizante orgánico 10 en uno es como sigue:

## Características:

- Nombre Comercial : 10 EN UNO (PESCADO + ALGAS MARINAS).
- Fórmula Química : Hidrolisis enzimática y procesos fermentativos (anchoveta) con alto contenido de algas marinas y microorganismos benéficos.
- Grupo : Fertilizante Orgánico.
- Duración : 2 años a temperatura ambiente, bajo sombra y con ventilación.
- Estado Físico : Suspensión líquida uniforme.
- Solubilidad en agua : 100% soluble.
- Densidad – pH : 1.035 kg/Lt. – 4.2.

## Composición química

Composición química		
Nitrógeno	N	22.8 gr/L
Fósforo	P	3.5 gr/L
Potasio	K	10.7 gr/L
Calcio	Ca	5.4 gr/L
Magnesio	Mg	0.99 gr/L
Boro	B	4.71 mg/L
Hierro	Fe	63.8 mg/L
Manganeso	Mn	4.7 mg/L
Molibdeno	Mo	2.5 mg/L
Zinc	Zn	5.1 mg/L
Silicio	SiO <sub>2</sub>	50 gr/ L
Sustancias bioactivas protohormonales	Giberelinas	42.5 ppm
	Citquinina	50 ppm

Composición química	
Auxinas	50 ppm
Materia Orgánica	251 gr/L
Aminoácidos libres	>18%

Contenido microbiológico: Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp.*); levaduras (*Saccharomyces spp.*); bacterias fotosintéticas (*Rhodospseudomonas spp.*); bacterias fúngicas nativas (*Bacillus subtilis*); actinomicetes (*Streptomyces spp.*) y hongos de fermentación (*Aspergillus spp.*)

10 EN UNO, es un fertilizante orgánico a base de procesos fermentativos de pescado más algas marinas que incrementa el sistema radicular de la planta, rico en aminoácidos biológicamente activos, restaura la fertilidad y microbiana del suelo, activa y estimula los procesos fisiológicos de las plantas, es rico en aminoácidos libres (biológicamente activos, forma como los aprovechan las plantas), y contiene péptidos, vitaminas, enzimas, ácidos orgánicos como el ácido láctico, omegas, macro y micro elementos quelados orgánicamente.

Altamente soluble y asimilable por la planta a través de hojas y raíces, asegura el crecimiento vigoroso de la planta, mayor rendimiento, mayor calidad, recomendado para todos los cultivos, hortalizas, frutales, ornamentales, forestales, etc.

Presenta un complejo de bacterias benéficas cuyos metabolitos mejoran el pH e incrementan la población microbiana del suelo; gracias a ello, favorece la solubilidad de los nutrientes del suelo, así como la solubilidad del fósforo, azufre y elementos menores haciéndolos más disponibles y facilitando su absorción, del mismo modo optimiza el aprovechamiento de los fertilizantes químicos disminuyendo su uso.

Protege el medio ambiente, no contamina el agua, restaura el suelo en el agro ecosistema, asegura cosechas o frutos totalmente saludables y es de alto valor nutricional. Es obtenido mediante un proceso

biotecnológico controlado de fermentación láctica a partir de recursos hidrobiológicos o pescado y, más concretamente, de anchoveta.

**Beneficios:** Enraizador; aminoácidos; bioestimulante; bionutriente; microorganismos benéficos y bacterias promotoras de crecimiento vegetal; complejo multivitamínico y sustancias bioactivas protohormonales; fitoregulador orgánico; quelante natural; corrector de deficiencias nutricionales; dispersante de sales; acción repelente de plagas insectiles y enfermedades y desestresante, restaurador de las plantas afectadas por estrés.

**Recomendaciones de uso:** Para mejores resultados, aplicar tanto al suelo, como vía foliar.

- Aplicación al suelo: Aspersión gruesa dirigida en la línea de siembra o zona de raíces activas, sobre suelo húmedo.
- Aplicación por riego tecnificado: iniciar la aplicación después de emergencia total o después de establecido el trasplante.
- No necesita adherente.
- Agitar siempre antes de usar.
- Una vez preparada la solución nutritiva, usarla inmediatamente.
- Después de usar, tapar herméticamente el envase y almacenar en ambientes frescos, ventilados y evitando siempre la exposición directa al sol.

### 1.1.5 Cultivo de maíz morado

#### A. Origen

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos más antiguos que se conocen, pero todavía hay muchas diferencias sobre su origen. Se cree que tuvo su origen en América Central, especialmente en México, desde donde se extendió hacia el norte hasta Canadá y hacia el sur hasta Argentina. La evidencia más antigua de la existencia del maíz es de unos 7000 años de antigüedad, encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacán (México) (MIDAGRI, 2021).

Según Medina (2022) las investigaciones arqueológicas sobre la variedad de maíz en el Perú indican que, alrededor de hace 7000 años, se cultivaban diferentes razas de maíz en el valle de Chicama. Esto respalda los hallazgos realizados en Los Gavilanes, en la provincia de Huarney, región Ancash, en la costa central del Perú. Bonavia et al. (2009) indican que se han descubierto variedades de Proto-Confite Morocho, Confite Chavinense, Proto-Kculli y un híbrido Proto-Confite Morocho/Proto-Kculli.

## **B. Taxonomía**

Según la OECD (2003) y APG IV (2016) la clasificación taxonómica del maíz es el siguiente:

Reino	Plantae
División	Angiospermae (Magnoliophyta)
Clase	Monocotyledoneae (Equisetopsida)
Subclase	Magnoliidae (Commelinidae)
Superorden	Lilianae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Maydeae (Andropogoneae)
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea mays</i> L.
Subespecie	<i>Zea mays</i> L. subsp. <i>mays</i>
Nombre común	Maíz

### C. Características morfológicas

**La planta:** el maíz (*Zea mays*) es una planta anual con un gran desarrollo vegetativo, que puede alcanzar hasta 5 metros de altura; siendo su altura normal de 2 a 2,50 metros (Ortigoza et al., 2019).

**La raíz:** está formado por dos tipos de raíces: seminales y adventicias. Las seminales son las que nacen de la semilla al momento de la germinación, su crecimiento inicial es horizontal a la superficie del suelo luego se dirige hacia abajo; siendo muy importante este sistema de raíces durante los primeros estados de crecimiento de la plántula. Las raíces adventicias, se forman en los primeros entrenudos adoptando la forma de un cono invertido; las coronas de raíces adventicias formadas hasta el séptimo u octavo entrenudo bajo la superficie del suelo, proporcionan a la planta un anclaje adecuado al suelo (Barandiarán, 2020).

**El tallo:** es erguido y macizo, característica que lo diferencia de casi todas las demás poáceas (gramíneas), que tienen el tallo hueco (Risco, 2007). Presenta cuatro estructuras básicas: los internudos, las hojas, el perfilo y la yema o meristemo apical, que colectivamente son conocidas como el fitómero (Paliwal, 2001b). Cumplen la triple función de: dar soporte a la planta, transporte de nutrientes y almacenamiento de carbohidratos (Barandiarán, 2020).

**Las hojas:** que se desprenden de los nudos son alternas, lanceoladas y acuminadas, con pequeñas lígulas que nacen en los nudos de forma alternada (Sánchez y Pérez, 2014). Su número total depende de la variedad y del número de nudos que conforman el tallo (Barandiarán, 2020).

**La inflorescencia:** el maíz es una planta monoica, tiene flores masculinas y femeninas que están separadas, pero se encuentran en la misma planta (Ortigoza et al., 2019). La inflorescencia femenina o mazorca crece a partir de las yemas apicales en las axilas de las hojas; mientras que la inflorescencia masculina es una panoja o estructura

compuesta de varias espigas y está situada en la parte superior de la planta (Paliwal, 2001b).

**El grano:** o fruto del maíz es una cariósida, redondeado, de color morado situado en hileras a lo largo de toda la mazorca (Risco, 2007). El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endosperma triploide (Paliwal, 2001b). Por el uso alimenticio el grano es la parte más importante de una planta de maíz desde el punto de vista económico, debido a que el endospermo contiene carbohidratos y algo de proteínas (MINAM, 2018).

#### D. Valor nutricional

Desde el punto de vista nutricional el maíz es superior a otros cereales, donde se destaca el contenido de los carbohidratos, excepto las proteínas (Paliwal, 2001c), la mazorca (tusa y grano) está constituido en un 85% por grano y un 15% por la coronta (tusa), encontrándose el pigmento denominado antocianina en mayor cantidad en la coronta y en menor proporción en el pericarpio (cáscara) del grano (Guillén et al., 2014). Además, la coronta tiene una importante fracción de fibra, carbohidratos y minerales, mientras que el contenido de fósforo y calcio en el grano es de importancia (Risco, 2007).

**Tabla 1**

*Composición en 100 gr de maíz morado sin coronta.*

Elemento	Unidad	Valor
Energía	kcal	355
Energía	kJ	1487
Agua	g.	11.4
Proteínas	g.	7.3
Grasa total	g.	3.4
Carbohidratos totales	g.	76.2
Cenizas	g.	1.7
Calcio	mg.	12
Fósforo	mg.	328

Elemento	Unidad	Valor
Hierro	mg.	0.20
Vitamina A equivalentes totales	µg.	8
Tiamina	mg.	0.38
Riboflavina	mg.	0.22
Niacina	mg.	2.84
Vitamina C	mg.	2.10

Fuente: Reyes *et al.* (2017).

### E. Exigencias edafoclimáticas

El maíz morado se adapta a los climas de la costa y de la sierra, según la variedad (Risco, 2007). En condiciones de la sierra media comprende las laderas, valles y mesetas localizadas entre los 1,800 a 2,800 msnm, con temperaturas medias anuales de 12° a 20° C y con precipitación media anual de 500 a 1 000 mm. (MIDAGRI, 2021); mientras que en la costa la época de siembra recomendada es entre los meses de mayo y junio (en invierno) (Sevilla y Valdez, 1985).

**Temperatura:** según Paliwal (2001a) el maíz se siembra cuando las temperaturas son bajas, entre 8° a 10° C, siendo favorables para la germinación. Asimismo, Sevilla y Valdez, (1985), indican que el maíz es un cultivo de crecimiento rápido y que rinde mejor a temperaturas moderadas comprendidas entre 23.9 ° a 29.4° C.

**Agua:** las necesidades hídricas varían a lo largo del cultivo, necesitando menor cantidad durante la emergencia, mientras que la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción. El maíz necesita por lo menos de 500 a 700 mm de precipitación, que deben estar distribuidas durante el ciclo vegetativo; y teniendo como umbral mínimo de precipitación de 150 mm para la cosecha de granos (MIDAGRI, 2021).

En el caso de contar con disponibilidad de agua para riego, se recomienda realizar riegos complementarios por gravedad, aspersión o por goteo, y/o cuando el cultivo lo requiera en intervalos de 10 a 12 días, según

el clima y el tipo de suelo, preferentemente en las etapas críticas del cultivo: crecimiento rápido, inicio de floración, floración y llenado de grano (Medina, 2022; MIDAGRI, 2021).

**Radiación solar:** la relación que existe entre la radiación solar y el rendimiento del cultivo es directa, es decir, a mayor radiación solar, mayor rendimiento y viceversa; por esta razón, resulta imprescindible lograr uniformidad en la distribución espacial y de tamaño de las plantas, esto permitirá capturar la totalidad de la luz solar (Barandiarán, 2020). Debido a que la ruta metabólica C4 que posee el maíz, permite un aprovechamiento más eficiente en el proceso fotosintético; esto se ve reflejado en un mayor potencial productivo en la producción de materia seca (Medina, 2022).

**Fotoperiodo:** el maíz es una planta determinada cuantitativa de días cortos, es decir, requieren de un periodo de mayor oscuridad antes de iniciar la floración; por lo tanto, su ciclo se acorta al acortarse la duración del día. En general, para la mayoría de germoplasma de maíz el fotoperiodo crítico oscila entre 11 y 14 horas y en promedio 13.5 horas (Barandiarán, 2020; Fuentes, 2002; Ortigoza et al., 2019).

#### **F. Variedades de maíz morado**

De acuerdo con Manrique (2000) el "Morado Canteño" es la única variedad de maíz morado que se vende en los mercados de Lima. El Programa de Maíz de la Universidad Nacional Agraria - La Molina ha creado la variedad mejorada Morado Caraz y el PMV 581 para siembras en la costa y la sierra media.

**Morado canteño:** es una especie autóctona originaria de la raza cuzco, que alcanza una altura de 1,80 a 2,50 metros, con una precocidad de 110 a 120 días a la floración. Las plantas tienen tallos, hojas y panojas de color púrpura o morado, y las tusas (coronta) tienen una fuerte concentración de pigmentos morados tanto en el exterior como en el interior, como el pericarpio de los granos. Las mazorcas son cilindrocónicas La zona donde se cultiva es entre los 500 y 2400 metros sobre el



nivel del mar, principalmente en las provincias de Canta y Lima (en la región de Lima) y Caraz (en la región de Ancash). En el mercado de Lima, esta es la variedad que se consume con mayor frecuencia (Manrique, 2000; MIDAGRI, 2021).

**Morado de caraz:** es una especie que proviene de las razas Ancashino y Alazán, y su nombre se debe a que la semilla fue identificada y propagada en Caraz, ubicado en el Callejón de Huaylas. El maíz es más pequeño que las variedades originarias de Cuzco, tiene una precocidad intermedia y tiene la ventaja de poder adaptarse a la costa. Las variedades tradicionales son las que muestran la mayor capacidad de rendimiento y tienen la coronta más brillante (Manrique, 2000; MIDAGRI, 2021).

**Cuzco morado:** es una variedad relacionada a la raza Cuzco Gigante y es tardía. Sus granos son grandes y están colocados en la mazorca en ocho hileras muy marcadas. Se cultiva en varios lugares en las zonas intermedias de Cuzco y Apurímac (MIDAGRI, 2021).

**Arequipeño:** esta variedad se encuentra en las alturas de la región Arequipa y produce granos morados en hileras regulares. La mazorca tiene una forma similar a la variedad Cuzco, pero es más pequeña. El color de la tusa no es tan intenso como en otras variedades, pero existe una gran variabilidad en esta característica en las colecciones realizadas en Arequipa. Es más precoz que las variedades morado Canteño, morado de Caraz y Cuzco (MIDAGRI, 2021).

**Negro de Junín:** se denomina así a una variedad precoz de granos negros, grandes, dispuestos irregularmente en una mazorca corta y redondeada. Es similar en forma a la raza San Jerónimo (MIDAGRI, 2021).

**Huancavelicano:** es habitual encontrarlo en la sierra central y sur, hasta Arequipa, desarrollándose en altitudes superiores a otras variedades (MIDAGRI, 2021).

## Variedades mejoradas de maíz morado

**PMV – 581:** es una variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, que fue obtenida a través de la variedad Morado de Caraz, adaptada a la costa y sierra baja, presenta resistencia a roya y cercospora; su periodo vegetativo es intermedio, posee mazorcas medianas y alargadas de 15 a 20 cm, con alto contenido de pigmento y un potencial de rendimiento de 6 t/ha (Manrique, 1997, como se citó en MIDAGRI, 2021).

**PMV – 582:** es una variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, para siembras de costa central; es el resultado de muchas selecciones masales para poder incrementar y estabilizar la alta concentración de pigmentos púrpuras o moradas; tanto en el interior como en el exterior de la tuza y pericarpio del grano; las plantas tienen una altura promedio de 2 m., una precocidad de 90 a 110 días a la floración masculina y dos mazorcas por planta y teniendo un rendimiento promedio de 2 a 4 toneladas por hectárea (Manrique, 2000).

**INIA - 601 (INIA Negro Cajamarca):** se originó en 1990 en la Sub Estación Experimental de Cajabamba y liberado en el año 2000, fue desarrollada por el Ing. Pedro Injante y su equipo de especialistas, para ello la población “NEGRO” se formó con 256 progenies, 108 de la variedad Morado Caraz y 148 progenies de la variedad local Negro de Parubamba; el mejoramiento se realizó mediante selección recurrente de medios hermanos, incidiendo fundamentalmente en el color morado intenso de la tusa y el grano, la precocidad, su prolificidad, buen tipo de planta y sanidad de mazorca (Estación Experimental Agraria - Baños del Inca - Cajamarca, 2014).

**INIA- 615 Negro Canaán:** es una variedad mejorada por el INIA, liberado en el 2007, se desarrolló a partir de 36 colecciones de cultivares locales de la raza Kully que fueron colectadas el año 1990 en las provincias de: Huanta (con 22 colectas), Huamanga (8 colectas) y San Miguel (6 colectas), mejoradas por Selección Recurrente de Medios Hermanos durante 9 ciclos; esta variedad se adapta a las condiciones de los valles

interandinos de la sierra, desde los 2 000 metros hasta los 3 000 metros de altitud (INIA, 2007; MIDAGRI, 2021).

## 1.2 Antecedentes

### 1.2.1 Internacionales

Akpodé et al. (2023) desarrollaron una investigación donde los resultados obtenidos indican que el bioestimulante a base de micorrízicos arbusculares nativos de las Glomeraceae, combinado con un 50% de NPK\_urea, mejoró significativamente los parámetros de crecimiento, rendimiento y la absorción de fósforo y potasio en las plantas de maíz del centro de Benín. También mejoró la infección de las raíces en las plantas, con una frecuencia de micorrización registrada del 66% y una intensidad del 40,5%; lo que sugiere que el bioestimulante puede reemplazar las dosis recomendadas de NPKurea en la práctica agrícola en la región central de Benín.

Cruz et al. (2023) mencionan que el uso de microorganismos beneficiosos como promotores del crecimiento de las plantas de maíz, aumenta de forma significativa el intercambio de gases, la biomasa de los brotes y las raíces y el contenido de nutrientes (N, P y K) en las plantas. También tiene efectos directos sobre los componentes del rendimiento del maíz y a reducir la dependencia de los fertilizantes y pesticidas sintéticos, lo que conduce a sistemas de producción de maíz más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Estos efectos se observaron en un estudio realizado en un invernadero.

Ayoub et al. (2022) evaluaron el efecto biofertilizante y promotor del crecimiento de bacterias sobre el rendimiento del cultivo de maíz. En los resultados obtenidos se observa que el número de granos/m<sup>2</sup> presenta diferencias significativas entre los tratamientos analizados; en donde el tratamiento inoculado con *Bacillus* spp. mostró un incremento de aproximadamente 14,5% en relación con el tratamiento control (4.946 versus 4.224 granos); otra variable que presentó diferencias significativas fue el rendimiento; donde promedio del control (sin inocular) fue de 12 521 kg/ha, mientras que el tratamiento con *Bacillus* spp. fue de 15 110 kg/ha.

Adoko et al. (2022) mencionan que la aplicación o recubrimiento de un bioestimulante a base de PGPR en las semillas de maíz mejoró el crecimiento, el rendimiento y el estado nutricional del maíz en Benín. Los mejores tratamientos fueron la aplicación del bioestimulante +  $\frac{1}{2}$  NPK-urea y el recubrimiento de las semillas de maíz con el bioestimulante +  $\frac{1}{2}$  NPK-urea, que superaron la práctica de los agricultores y la dosis recomendada de fertilizante mineral. El bioestimulante mejoró la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio, con una diferencia significativa mayor en comparación con la dosis recomendada de fertilizante mineral.

Aguilar et al. (2022) indican que la aplicación de biofertilizantes y nitrógeno resultó en un aumento de la producción de materia seca, el rendimiento del grano y sus componentes, según el genotipo utilizado. El maíz criollo Michoacan-21 mostró un efecto positivo en la producción de materia seca y el rendimiento de granos con el uso de biofertilizantes. La mayor producción de materia seca se logró con la aplicación de 160 kg/ha de nitrógeno en el genotipo HS-2. El mayor rendimiento de grano se observó con el genotipo Promesa y 160 kg/ha de nitrógeno, que también tuvo el mayor ingreso neto y total.

Piotrowska y Boruszko (2023) mencionan que los microorganismos del suelo desempeñan un papel importante en la agricultura ecológica, ya que influyen en la mineralización del carbono orgánico y en la humificación de la materia orgánica, lo que hace que las plantas absorban más fácilmente los nutrientes. Asimismo, los microorganismos efectivos (EM) son fertilizantes orgánicos producidos con microorganismos vivos. No solo suministran nutrientes al suelo, sino que también hacen que estén disponibles los nutrientes inactivos, lo que mejora la absorción de los nutrientes por parte de las plantas y el desarrollo y el crecimiento de los cultivos.

Silva et al. (2021) mencionan que la coinoculación de *Azospirillum brasilense* (*A. brasilense*) y microorganismos eficaces (EM) promueve el crecimiento y la productividad del maíz verde. Esto se observó a través del aumento de la altura, el diámetro del tallo, la masa fresca y seca de la parte aérea y la masa seca de la raíz. El tratamiento de las semillas con ácidos húmicos mostró efectos prometedores en las primeras etapas del desarrollo del cultivo, pero fue

menos satisfactorio que la inoculación microbiana en la fase final de evaluación. El uso de inoculantes comerciales, contribuye a reducir los costos de la fertilización química y es una técnica de bajo costo y baja complejidad. Aumenta la diversidad microbiana del suelo, mejora la absorción de nutrientes, favorece los procesos fotosintéticos, ayuda a la descomposición de la materia orgánica, tiene un efecto antagónico sobre los patógenos del suelo y contribuye a aumentar la productividad del grano.

Según Avila et al. (2021) los microorganismos eficientes (EM) han despertado un gran interés en los últimos años por su potencial para promover el crecimiento de las plantas y controlar las plagas y enfermedades de las plantas. Tienen interacciones simbióticas con las plantas y pueden protegerlas de los ataques de insectos, enfermedades y mamíferos herbívoros mediante la producción de toxinas. La electroestimulación electromagnética puede acelerar la composición natural de la materia orgánica y promover el equilibrio de la flora microbiana, contribuyendo al desarrollo de las plantas y sirviendo como posibles sustitutos de los productos químicos.

García et al. (2020) han evaluado los efectos de la aplicación de dos biofertilizantes inoculados con microorganismos eficientes en el cultivo de maíz y su incidencia en la conservación del suelo como estrategia de producción sostenible. Los resultados mostraron que las enmiendas orgánicas aplicadas en los dos tratamientos mejoraron el rendimiento del cultivo en cuanto a producción del tamo, tamaño y número de mazorcas, peso del grano y peso de la tusa, identificando mayor rendimiento por hectárea en la producción de maíz y tamo en el lote (T2) donde se aplicó Compost y biol inoculado con microorganismos eficientes, de igual forma se logró establecer que en el lote (T1) donde se aplicó Compost inoculado con microorganismos eficientes, se generó mayor producción en el peso del grano de las mazorcas. Adicionalmente, se lograron mejoras de las características químicas de los suelos donde se aplicaron las enmiendas orgánicas inoculadas con microorganismos eficientes, en los macro y micro elementos Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Magnesio (MgO), Cobre (Cu), Boro (B), porcentaje (%) de materia orgánica y carbono orgánico; evidenciando que la aplicación de biofertilizantes inoculados con microorganismos eficientes, son una estrategia de producción sostenible y de conservación de los suelos.

Hernández et al. (2019) desarrollaron una investigación donde evaluaron la aplicación de cianobacterias como biofertilizante para el cultivo de maíz azul en un predio de la Ciudad de México; los resultados mostraron una mayor altura de planta y número de hojas en el tratamiento correspondiente al consorcio de cianobacterias (305 cm y 18.3 hojas), lo que se reflejó en la cantidad de forraje (12.5 t/ha). El rendimiento de grano del consorcio de cianobacterias fue similar al del fertilizante químico (1.76 y 2.07 t/ha). Asimismo, observaron una mejora en las características del suelo donde se utilizó el consorcio de cianobacterias, seguido del tratamiento con *Azospirillum*; las cianobacterias permanecieron en el suelo y se incrementó la biodiversidad de microorganismos fotosintéticos.

Martínez et al. (2018) realizaron una investigación sobre la Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L.). Los resultados muestran que, el uso del biofertilizante *Azospirillum brasilense* representó un incremento en el rendimiento de grano de 27.98% (1.67 t/ha) con respecto al testigo absoluto. El análisis económico evidenció que los beneficios netos más significativos se obtuvieron mediante la aplicación de *Azospirillum brasilense* + *Chromobacterium violaceum* + fertilización química 160-46-30 y *Azospirillum brasilense* + fertilización química 160-46-30.

Abascal (2018) evaluó el Efecto de los ácidos carboxílicos como acondicionador de suelo en el cultivo de frijol común. Donde el mejor rendimiento se obtuvo al aplicar acondicionador de suelo y bioestimulante, encontrándose correlación positiva entre el rendimiento y la longitud y volumen de raíces, que fueron significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) a los obtenidos con la micorriza y el testigo. No hubo interacción entre producto  $\times$  tipo de suelo. No hubo diferencias en los dos tipos de suelos para pH y CIC entre los productos y el testigo. El uso de Promesol® 5X, Nutrisorb® L y la combinación entre estos, presentaron un efecto positivo sobre el incremento de rendimiento en comparación con el testigo y el uso de Mycoral R.

Ubilla (2017) en su tesis Respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) a la aplicación de abonos foliares a base de algas marinas; observó que las plantas evidenciaron un mayor crecimiento al ser asperjadas de 1.5 l/ha de Basfoliar llegando a medir en promedio 235.7 cm de altura al momento de la cosecha,

cosechándose mazorcas de mayor longitud, diámetro y número de hileras de semillas, registrando valores de 17.5 cm, 5.6 cm y 15.8 hileras de semillas, en su orden, y a su vez mazorcas más pesadas con 275.0 g, con un peso neto de semillas de 235.4 g. Al aplicarse 1.5 l/ha., de Basfoliar algae se obtuvo mayor rendimiento de grano por hectárea con 7310.3 Kg. El mayor beneficio económico se obtuvo al realizar aplicaciones de 1.5 l/ha., de Basfoliar algae, reflejó una relación beneficio/costo de 1.42 (42% de rentabilidad).

Aguilar et al. (2015) realizaron un estudio que tuvo como objetivo determinar la producción de materia seca, el índice de cosecha, el rendimiento del grano y la rentabilidad en diferentes genotipos de maíz, con y sin biofertilizantes y con niveles variables de nitrógeno. Los resultados mostraron que la combinación del genotipo H-562, el biofertilizante y 160 kg N/ha logró el mayor rendimiento de materia seca y grano, mientras que el menor rendimiento se observó en el tratamiento sin biofertilizante ni nitrógeno para el genotipo H-562. El mayor ingreso neto se obtuvo con el genotipo H-562 y 160 kg N/ha, independientemente del uso del biofertilizante.

Madrona y Maturano (2009) realizó la evaluación de un biofertilizante ecológico en el cultivo de maíz, en zonas vulnerables de Albacete; donde menciona que la aplicación del biofertilizante en etapas tempranas junto con la aplicación de N incrementa la disponibilidad de N. La eficiencia en la utilización del N aportado como fertilizante, tanto para la producción de MS (materia seca) como de grano fue mayor en el tratamiento que menor dosis recibió, pero en el que se aportó conjuntamente 100 kg/ha de biofertilizante. La aplicación de biofertilizante con una dosis baja de N (105 UFN), presentó los menores valores de N edáfico en la recolección y valores de rendimiento que no difieren estadísticamente del resto de los tratamientos fertilizados.

### 1.2.2 Nacionales

Carbonelli (2020) en su evaluación de “Microorganismos Eficientes en la fenología y rendimiento del maíz morado (*Zea mays* L) en Huaral – Lima”, menciona que la aplicación de los microorganismos eficientes en el cultivo de maíz morado, presentó efecto significativo en las características fenológicas y en el rendimiento de maíz morado, observándose que a dosis de 6 L de EM/ha,

presenta mejores características. Además, observó que la dosis de microorganismos eficientes (EM), presentaron efecto significativo positivo en la altura de tallo, diámetro de tallo, el porcentaje de floración, porcentaje de maduración lechosa, porcentaje de maduración pastosa, porcentaje de maduración cornea, longitud de mazorca y número de mazorcas/planta, y que estas características fenológicas presentan fuerte correlación positiva entre ellas. También observó que la adición de EM mejoró considerablemente el rendimiento de producción de maíz morado, reportándose  $3.54 \pm 0.77$  TM/ha para el control, incrementándose a  $5.05 \pm 0.54$  TM/ha para T1,  $5.64 \pm 0.33$  TM/ha para T2, y a dosis de 6 L de EM/ha. en T3, se obtuvo rendimiento medio de  $6.53 \pm 0.77$  TM/ha, duplicándose el rendimiento, del mismo modo sucedió para el peso de la tusa, presentando alta correlación positiva.

Ñaupari (2015) realizó la evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficientes (ME) en cultivo de maíz amarillo duro; donde menciona que al aplicar dosis crecientes de microorganismos eficientes se incrementan el diámetro de tallo hasta una dosis de 4 litros por hectárea (de 2.67 a 3.25 centímetros); se incrementa la altura de planta hasta una dosis de 6 litros por hectárea (de 2.09 a 2.97 metros); el diámetro de mazorca hasta una dosis de 4 litros por hectárea (de 4.45 a 4.69 centímetros), el peso de granos hasta una dosis de 5 litros por hectárea (de 142.0 a 185.5 unidades) y el rendimiento hasta una dosis de 5 litros por hectárea (de 8.87 a 11.59 t/ha.). La emergencia de plantas, número de mazorcas, tamaño de mazorcas, tamaño de tuzas, diámetro de tuzas, peso de mazorcas y número de granos por mazorca no son influenciados significativamente por la aplicación de las dosis de microorganismos eficientes. Asimismo, la dosis óptima de microorganismos eficientes para el abonamiento en el cultivo del maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) es de 5.83 litros por hectárea; al aplicar mayores dosis no es rentable porque empieza a disminuir los ingresos.

### 1.2.3 Locales

Evaristo (2019) evaluó el Efecto del Bioestimulante Mixhor-Plus en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L) PMV 581 en condiciones de Panao (Pachitea, Huánuco). Los resultados obtenidos muestran que el tratamiento T4 (la dosis 2.00‰ de Mixhor-Plus) produjo efectos significativos en: altura de planta



(2.39 m), altura de inserción de la primera mazorca (1.20 m), número de granos por hilera (26.13), longitud de mazorca (15.88 cm), diámetro de mazorca (4.93 cm), peso de mazorcas por área neta experimental (8.50 kg) y peso de mazorcas por hectárea (8300.78 kg/ha); teniendo como conclusión que el bioestimulante Mixhor Plus produjo efecto significativo estadístico en el rendimiento de maíz morado al ser aplicado en las etapas V6 y V9 del cultivo.

Laos (2017) durante la evaluación de los bioestimulantes Evergreen, Revite y Fertimar; en el rendimiento del híbrido doble de maíz (*Zea mays* L.) XB-8010; menciona que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, pero si entre el testigo y los tratamientos, es decir; la aplicación de uno de los bioestimulantes en estudio en cualquiera de sus dosis generará un incremento estadísticamente significativo frente a la no aplicación.; los tratamientos más destacables fueron el T7 (Fertimar® 0.75 L/ha) con 7.284 t/ha, T10 (Fertimar® 1.0 L/ha) con 7.114 t/ha y T9 (Revite 1.0 L/ha) con 7.053 t/ha. Los factores altura de planta y altura de mazorca no son afectados por el uso de bioestimulantes, pero si el peso de 100 semillas, lo que generó las diferencias en cuanto a producción. El mayor valor de relación B/C lo obtuvo la aplicación de Fertimar® 0.75 L/ha con 1.63, lo cual equivale a una rentabilidad de 63 %, el cual duplica la rentabilidad del cultivo del maíz híbrido doble XB-8010, mientras el Testigo (sin aplicación del bioestimulante) obtuvo una rentabilidad de 25.46 %.

Gonzales (2010) en su estudio sobre el “Efecto del bioestimulante evergreen en el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) cv. 'Marginal 28-T' en Tingo María”; reporta que existen diferencias estadísticas altamente significativas en el rendimiento; en donde todos los tratamientos en estudio superan estadísticamente al tratamiento T11 (Testigo absoluto). Sin embargo, el efecto del bioestimulante Evergreen en sus diferentes dosis y fraccionamiento sólo supera estadísticamente al tratamiento T11 (Testigo absoluto), más no así supera estadísticamente al tratamiento T10 (Testigo con fertilización). En donde el T4 (1.50 L/ha - fraccionado en 25 y 75%) ocupó el primer lugar con 5.62 t/ha. Mientras que el tratamiento T11 (Testigo absoluto) quedó relegado al último lugar con un rendimiento de 2.50 t/ha.

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1 Identificación del problema

La humanidad en la actualidad se enfrenta a importantes desafíos en cuanto a la situación alimentaria; ello debido al agotamiento y los altos precios de la energía fósil, que es el eje sobre la cual se han generado las tecnologías de nuestra sociedad moderna; el cambio climático, asimismo el incremento de la población; la urbanización; la globalización; el deterioro del medio ambiente y la reducción de las áreas de cultivo que permitan garantizar la producción de los cultivos en general.

En la actualidad en el Perú el cultivo de maíz morado ocupa el setentaisieteavo lugar en importancia en el producto bruto interno agrícola (PBI), con una superficie sembrada de 3242 hectáreas y teniendo como rendimiento promedio nacional de 5.3 t/ha.

El departamento de Huánuco tiene una superficie sembrada de 335 hectáreas y cuyo rendimiento promedio es de 6.9 t/ha, estando por encima del rendimiento nacional, la misma que tiene una participación del 10.4 % en el PBI agrícola. De los cuales la provincia de Huánuco ocupa la mayor área de siembra con un 71.2 %, seguidos de Ambo con un 28.7 % y Pachitea con el 0.1 %.

La provincia de Ambo tiene una superficie sembrada de 93 hectáreas, de las cuales el distrito de Ambo tiene el 39.4 % del área sembrada con un rendimiento promedio de 7.6 t/ha, mientras que los rendimientos de los distritos de Conchamarca, Tomay kichwa y Huacar son de 7.2 t/ha, 6.9 t/ha, y 6.7 t/ha, respectivamente; el precio en chacra durante la campaña 2017 fue de 0.95 soles por kilogramo.

Para una producción óptima del maíz morado el agricultor del distrito de ambo emplea una serie de agroquímicos (fungicidas, insecticidas, herbicidas), haciendo que cada año se incremente su uso, además forzando las áreas de cultivo; provocando de esta manera el empobrecimiento gradual o acelerado del suelo por sobreexplotación o monocultivo, lo que trae como consecuencia la baja fertilidad e improductividad de los suelos.

También es conocido que hace uso indiscriminado de fertilizantes químicos, lo que trae como consecuencia la contaminación ambiental; asimismo, el uso de estos no

solo afecta a la economía del agricultor, sino también provoca la esterilización del suelo y el agotamiento de los micro nutrientes, causando cambios cualitativos y cuantitativos de la microflora del suelo, lo cual influye negativamente en el rendimiento de las plantas.

Además, existe poca difusión de los beneficios de los biofertilizantes y bioestimulantes para la asimilación de nutrientes y de los promotores de la fertilidad biológica en el cultivo de maíz morado, por lo que el productor emplea los fertilizantes de manera incorrecta y sin el análisis de suelo respectivo para su producción.

En relación con la problemática, referente al desconocimiento de uso de biofertilizantes, bioestimulantes y promotores de fertilidad biológica en el cultivo de maíz morado, como alternativa al uso de fertilizantes, se trazaron las siguientes interrogantes:

## **2.2 Enunciados del problema**

### **2.2.1 Problema general**

- ¿Qué efecto tendrá la aplicación de biofertilizantes en el suelo y el rendimiento del maíz morado en condiciones climáticas de Ambo – Huánuco?

### **2.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de biofertilizantes en las características químicas y biológicas del suelo?
- ¿Cuál de los tratamientos con biofertilizantes incrementa el rendimiento del maíz morado?
- ¿Cuál es la rentabilidad de los tratamientos utilizados en la producción de maíz morado?

## **2.3 Justificación**

El incremento en promedio de la población en el mundo durante el año 2021 fue de 0.94 %, mientras que en el Perú fue de 1.32 %, frente a ello la agricultura juega un papel crucial en la economía de nuestros países que se encuentran en vías de desarrollo brindando la principal fuente de alimentos, ingresos y empleo a sus poblaciones rurales; por ende, la tecnificación del sector agrícola y el uso eficiente de las tierras es

fundamental para poder alcanzar la seguridad alimentaria, reducir los niveles de pobreza y lograr un desarrollo integral sostenible (Aguado et al., 2012; DatosMundial.com, 2022).

El maíz (*Zea mays* L.) durante la campaña 2019/2020 fue cultivado en un área de 193.96 millones de hectáreas en el mundo, con una producción de 1117.16 millones de toneladas, teniendo un rendimiento promedio de 5.76 toneladas por hectárea (Cotriza, 2022); ocupando el segundo lugar de la clasificación de los cultivos de mayor producción en el mundo desde principios del siglo XXI (Agraria.pe, 2019).

Quispe (2017) menciona que la producción de maíz morado a nivel nacional se encuentra localizado en ocho regiones y el 80 % de la producción está concentrada en las regiones de Lima, Huánuco, Ancash y La Libertad. Según el informe de la Dirección General de Desarrollo Agrícola y Agroecología (DGDA) del MIDAGRI, en el Perú el cultivo de maíz amiláceo ocupa el cuarto lugar en cuanto a la superficie sembrada con cultivos transitorios, asimismo el tercer lugar en importancia como alimento directo para el consumo a nivel nacional; asimismo del total del área (240 mil hectáreas) de maíz amiláceo cosechado en nuestro país durante el 2021, el 78% fue para grano seco (310 mil toneladas), el 20% para maíz choclo (442 mil toneladas) y el 2% para maíz morado (20 mil toneladas) (León, 2022).

Así como en la provincia de Ambo en la región Huánuco, hay lugares donde existe la sobre explotación de los suelos por el uso agrícola, y al mismo tiempo se utilizan altas cantidades de productos agroquímicos para poder garantizar las necesidades nutricionales de los cultivos, sin tener en consideración los efectos negativos que estos ocasionan sobre la flora microbiana del suelo y los ciclos biogeoquímicos; el uso de los biofertilizantes son una alternativa de respuesta a dichos problemas, los cuales permitirán tener sistemas sostenibles de producción (García et al., 2020). Según J. A. Torres et al. (2018) dentro de la gama de alternativas existentes en la producción agrícola, una de las estrategias a ser considerada es la aplicación de biofertilizantes y bioestimulantes a los cultivos, los cuales mejoran y preservan las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos y así poder elevar su potencial agroproductivo, al mismo tiempo se reduce y/o sustituye el uso de los productos químicos.

Considerando la importancia del cultivo de maíz morado en el distrito de Ambo, región Huánuco y teniendo la necesidad de mantener y/o elevar los niveles de producción e ingresos económicos para los agricultores; la presente investigación busca demostrar en

forma práctica la viabilidad del uso de los biofertilizantes disponibles en el mercado para la obtención de rendimientos satisfactorios de maíz morado, posibilitando de esta manera incrementar sus ingresos económicos que permitirá mejorar las condiciones socio-económicas y ambientales de los agricultores del distrito y de las zonas con condiciones edafoclimáticas similares.

## **2.4 Objetivos**

### **2.4.1 Objetivo general**

- Evaluar el efecto de la aplicación de biofertilizantes en el suelo y el rendimiento del maíz morado en condiciones climáticas de Ambo – Huánuco.

### **2.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de la aplicación de biofertilizantes en las características químicas y biológicas del suelo.
- Identificar el tratamiento con biofertilizante que incrementa el rendimiento del maíz morado.
- Comparar la rentabilidad de los tratamientos utilizados en la producción de maíz morado.

## **2.5 Hipótesis**

### **2.5.1 Hipótesis general**

- La aplicación de biofertilizantes tiene efectos significativos en el suelo y el rendimiento del maíz morado en condiciones climáticas de Ambo –Huánuco

### **2.5.2 Hipótesis específicas**

- La aplicación de biofertilizantes mejora las características químicas y biológicas del suelo.
- El rendimiento del maíz morado se incrementa significativamente en los tratamientos con biofertilizantes.
- La rentabilidad de los tratamientos utilizados en la producción de maíz morado varía significativamente.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de estudio

La investigación se realizó entre los meses de octubre del 2021 a marzo del 2022, en el distrito y provincia de Ambo, región Huánuco, ubicado a una altitud de 2064 msnm, con coordenada geográfica de 76°12'10.4" LW y 10°6'33.5" LS del meridiano de Greenwich, perteneciente a la zona de vida estepa espinosa - Montano Bajo Subtropical (ee-MBS).

#### 3.2 Población

La población del experimento estuvo constituida por 6750 plantas de maíz morado distribuido en los tres bloques; de los cuales 2700 plantas corresponden a la variedad INIA 601, otras 2700 plantas son de la variedad PMV – 581 y 1350 plantas son de la variedad sangre de toro.

#### 3.3 Muestra

La muestra calculada para un nivel de confianza del 95 % fue de 364 plantas de maíz morado, las mismas que estuvieron distribuidos en las 30 parcelas de los tres bloques del experimento; es decir 12 plantas de maíz por parcela; para el cálculo del tamaño de la muestra se realizó mediante la siguiente formula:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Dónde:

N = Tamaño de la población (6750)

Z = El nivel de confianza (95% = 1.96).

p = Probabilidad de éxito o proporción esperada (0.5).

q = Probabilidad de fracaso (0.5).

d = Precisión (error máximo admisible en términos de proporción (0.05 %).

### **3.4 Método de investigación**

Por la problemática planteada en el presente trabajo, corresponde al tipo de investigación aplicada, por la búsqueda de alternativas tecnológicas al uso de fertilizantes químicos y en la mejora de las características químicas y biológicas de los suelos para la producción de maíz morado; asimismo el enfoque es cuantitativo puesto que los indicadores evaluados fueron medidos y representados numéricamente.

En cuanto al método de investigación utilizado es el experimental, debido a que se manipuló la variable independiente (biofertilizantes), los cuales se aplicaron al suelo y planta para luego evaluar su efecto sobre las propiedades químicas y biológicas de los suelos, y en el rendimiento del cultivo de maíz morado; donde la observación y la medición fueron las técnicas empleadas y las fichas de recolección de datos como instrumento.

### **3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos**

#### **3.5.1 Efecto de los biofertilizantes en las características químicas y biológicas del suelo**

Para determinar las características químicas y biológicas del suelo, se tomaron muestras del suelo en dos momentos: al inicio de la investigación y después de la cosecha; las mismas que fueron tomadas entre 10 y 20 cm de profundidad, las que estuvieron constituidas de varias tomas, formándose una muestra compuesta la cual fue homogeneizada para después tomar una muestra representativa de 1 kilogramo por cada tratamiento; estas muestras se llevaron al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria – La Molina para su análisis respectivo.

Los indicadores evaluados de las características químicas del suelo fueron: el pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible y la capacidad de intercambio catiónico. Mientras que la cuantificación de bacterias nitrificantes, la cuantificación de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre y la biomasa microbiana, fueron los indicadores de las características biológicas del suelo.

Entre los materiales utilizados para la obtención de las muestras de suelo estuvieron: una pala plana, guantes de hule, balde grande, etiquetas, cinta adhesiva transparente, bolsas de plástico resistente, marcador punta gruesa, papel, lapicero, plumón de tinta indeleble.

El análisis estadístico de los resultados, fueron mediante el análisis de varianza y la prueba estadística de Tukey al 5 % de probabilidad además se empleó la estadística descriptiva para comparar los promedios y representarlos mediante gráficos. Para estas pruebas estadísticas se utilizó el paquete estadístico InfoStat versión 2020l.

### **3.5.2 Identificar el tratamiento con biofertilizante que incrementa el rendimiento del maíz morado**

La metodología para determinar el rendimiento del maíz morado con la aplicación de biofertilizantes, fue mediante el método analítico comparativo, para ello se procedió a pesar las mazorcas cosechadas del área neta experimental de la parcela (8.4 m<sup>2</sup>), luego se transformó a kg/ha, mediante la regla de tres; posteriormente se ajustó el rendimiento por hectárea al 10% de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$Pu = \frac{Pa (100 - Ha)}{100 - Hd}$$

Dónde:

Pu: Peso uniformizado

Pa: Peso actual

Ha: Humedad actual

Hd: Humedad deseada (10 %)

Asimismo, los indicadores evaluados con respecto al componente de rendimiento del cultivo de maíz morado fueron: la altura de planta, la longitud de mazorca, el diámetro de mazorca, el número de mazorcas/planta, el peso de mazorca, los días a la cosecha, el número de hileras de grano por mazorca y el



número de granos por hilera; las cuales están de acuerdo a los Descriptores de Maíz propuestos por el IBPGR, en 1991.

Los materiales físicos empleados fueron: rafia, costales, flexómetro, vernier, balanza digital, libreta de campo, calculadora y otros. El material genético estuvo conformado por las variedades INIA 601, PMV – 581 y Sangre de toro las mismas que fueron adquiridas en el distrito de Ambo – Huánuco.

Para probar las hipótesis planteadas, se realizó el análisis de varianza de los datos registrados en el campo, teniendo en cuenta que el presente trabajo de investigación es un experimento factorial ( $2A \times 4B + 2$ ) que fue conducido en un diseño bloque completo al azar (DBCA); cuyo Modelo estadístico lineal aditivo (MELA), teniendo en cuenta que todos los factores en estudio han sido tomados al azar y se encuentran cruzados a la media, es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

$i = 1, 2$ , Variedades de maíz (a)

$j = 1, 2, 3, 4$  Biofertilizantes (b)

$k = 1, 2, 3$ , Bloques o repeticiones (r)

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta observada o medida en la  $ijk$  – ésima unidad experimental.

$\mu, \dots$  = Media general.

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor “A”.

$\beta_j$  = Efecto de la  $j$ -ésimo nivel del factor “B”

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre el  $i$ -ésimo nivel del factor “A” y el  $j$ -ésimo nivel del factor “B”.

$\gamma_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo bloque.

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental asociado a la  $ijk$  – ésima unidad experimental.

### Análisis de varianza

El análisis de variancia para el presente experimento se realizó de la siguiente manera:

**Tabla 2**  
*Análisis de varianza*

FV	GL	SC	CM	Valor de F
Bloques	r-1	$\sum_{k=1}^r \frac{Y_{.k}^2}{ab} - \frac{Y^2}{abr}$		
Variedad de maíz (A)	a-1	$\sum_{i=1}^a \frac{Y_{i.}^2}{rb} - \frac{Y^2}{abr}$	SC <sub>A</sub> /gl <sub>A</sub>	CM <sub>A</sub> /CM <sub>EE</sub>
Biofertilizantes (B)	b-1	$\sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j}^2}{ra} - \frac{Y^2}{abr}$	SC <sub>B</sub> /gl <sub>B</sub>	CM <sub>B</sub> /CM <sub>EE</sub>
A x B	(a-1) (b-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y_{ij}^2}{r} - \frac{Y^2}{abr} - SC_A - SC_B$	SC <sub>AB</sub> /gl <sub>AB</sub>	CM <sub>AB</sub> /CM <sub>EE</sub>
Error Experimental	(ab-1) (r-1)	$SC_{TOTAL} - SC_{BLOQUES} - SC_A - SC_B - SC_{AB}$	SCEE /gIEE	
Total	abr - 1	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r Y_{ijk}^2 - \frac{Y^2}{abr}$		

$$CV (\%) = \frac{\sqrt{CME}}{Y_{..}} \times 100$$

Para la comparación de los promedios en las diferentes evaluaciones realizadas en el presente experimento, se utilizó la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

Las características del campo experimental fueron las siguientes:

Bloques:

Número de bloques 3

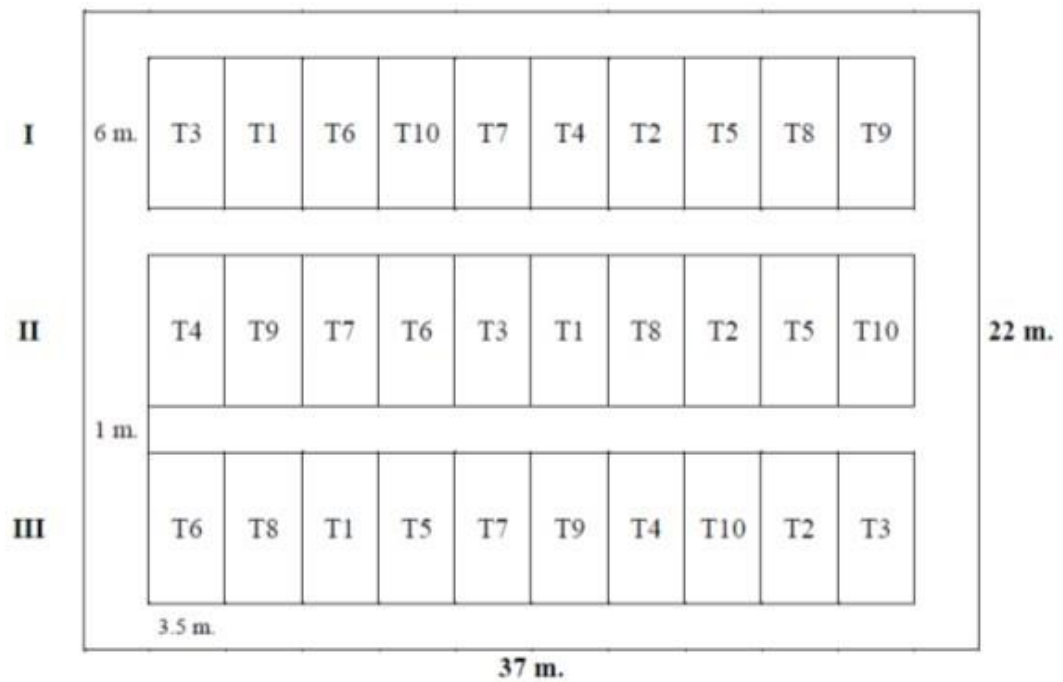
Largo 35 m.



Ancho	6 m.
Área total por bloques	210 m <sup>2</sup> .
Distanciamiento entre bloques	1 m.
Área total del experimento	814 m <sup>2</sup> .
Parcelas:	
Número total de parcelas del experimento	30
Número de parcelas por bloque	10
Largo de la parcela	6 m.
Ancho de la parcela	3.5 m.
Área total de la parcela	21 m <sup>2</sup> .
Área neta de cosecha	8.4 m <sup>2</sup> (3 surcos centrales).
Surcos:	
Número de surcos por parcela	5
Largo de surcos	6 m.
Distancia entre surcos	0.7 m.
Número de golpes por surco	15
Número de semillas por golpe	3
Distancia entre golpes	0.4 m.

**Figura 1**

*Croquis del campo experimental*



**Leyenda:**

T1 = INIA 601 + Biofit

T2 = INIA 601 + Nutrisorb

T3 = INIA 601 + 10 en uno

T4 = INIA 601 + EMA

T5 = PMV – 581 + Biofit

T6 = PMV – 581 + Nutrisorb

T7 = PMV – 581 + 10 en uno

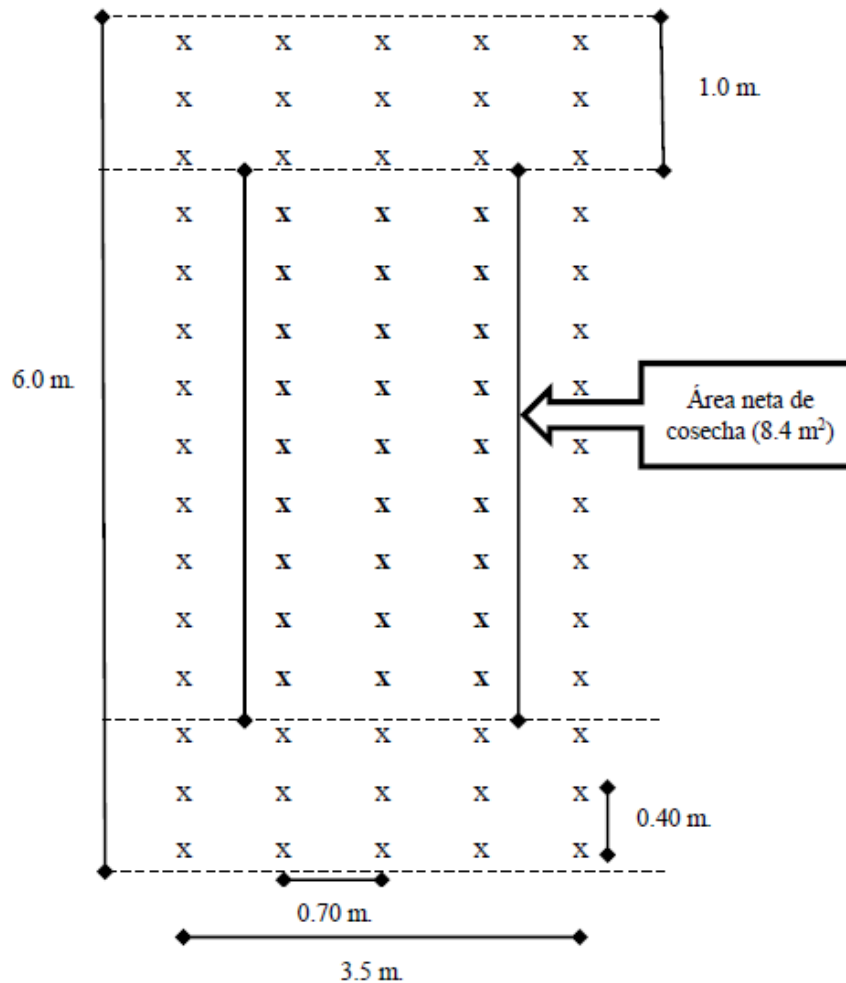
T8 = PMV – 581 + EMA

T9 = Testigo 01 (con fertilizante)

T10 = Testigo 02 (sin fertilizante)

**Figura 2**

*Detalle de la parcela*



### 3.5.3 Rentabilidad de los tratamientos utilizados en la producción de maíz morado.

La variable rentabilidad económica según Contreras (2005, como se citó en Molina, 2017) es la relación entre ingresos y costos, generada por los activos circulantes y fijos de la empresa utilizados en el proceso productivo. La metodología empleada para calcular la rentabilidad de los tratamientos utilizados en la producción de maíz morado es el de presupuestos parciales, la misma que es recomendada por el Centro de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 1988). Para lo cual, primeramente, se determinó la utilidad por kilogramo vendido; para ello se consideró el precio promedio de venta por kilogramo de las tres categorías

comerciales (categoría primera, segunda y tercera) considerando los rendimientos respectivos, y el costo de producción por kilogramo. Los materiales empleados en la obtención de los datos fueron: una libreta de campo y una calculadora para realizar los cálculos respectivos.

La fórmula empleada para el cálculo de la utilidad fue:

$$U = \frac{PV}{CP}$$

El cálculo del costo de producción se realizó con la fórmula:

$$CP = \frac{CPT}{Rn}$$

Para determinar la rentabilidad se empleó la siguiente fórmula:

$$R = \frac{U}{CP} \times 100$$

Donde:

U = Utilidad por Kg vendido en S/.

PV = Precio promedio de venta por Kg en S/.

CP = Costo de producción por Kg en S/.

CPT = Costo de producción total en S/.

Rn = Rendimiento en tn/ha.

R = Rentabilidad (%).

## CAPÍTULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1 Resultados

## 4.1.1 Características químicas y biológicas del suelo.

## pH

En la tabla 3, se muestra el análisis de varianza de los resultados obtenidos en el Laboratorio de Análisis de suelo de la Universidad Nacional Agraria La Molina, del pH del suelo antes de la siembra y al momento de la cosecha; donde se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los tratamientos; asimismo, el coeficiente de variación es de 0.22 %, dicho valor indica el grado de homogeneidad y la confiabilidad de los resultados obtenidos en el laboratorio, sobre las muestras de suelo colectadas en campo.

Tabla 3

*Análisis de varianza del pH de los suelos*

FV	GL	SC	CM	FC	Ftab		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	0.00047	0.00023	0.93	3.88	6.93	n. s.
Tratamientos	6	0.02706	0.00451	18.04	3.00	4.82	**
Error	12	0.00300	0.00025				
Total	20	0.03052					

*Nota. CV = 0.22 %*

En la tabla 4 y figura 3, se muestra la prueba de Tukey con un nivel de significación de  $p < 0.05$ , donde observamos una variación significativa en los promedios del pH registrado antes de la siembra (ADS) que fue de 7.35, frente a los obtenidos al momento de la cosecha cuando se utilizó los biofertilizantes 10 en uno, EMA (Microorganismos Eficaces Activados), Nutrisorb y Biofit, que fueron de 7.32; 7.30; 7.28 y 7.26 respectivamente. Asimismo, el pH de los suelos que fueron fertilizados inorgánicamente (7.36), el pH antes de la siembra (7.35) y

el pH de los suelos que no fueron fertilizados no presentan diferencias significativas.

**Tabla 4**

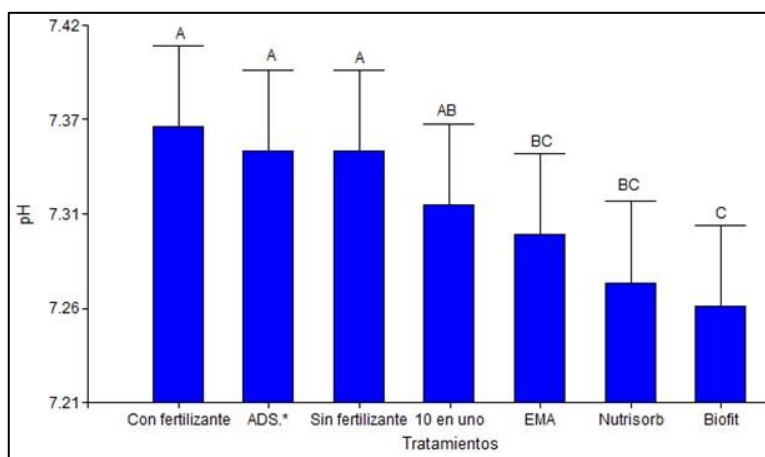
*Prueba de Tukey del pH de los suelos*

Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %	
1	Con fertilizante	7.36	a	
2	ADS	7.35	a	
3	Sin fertilizante	7.35	a	
4	10 en uno	7.32	a	b
5	EMA	7.30	b	c
6	Nutrisorb	7.28	b	c
7	Biofit	7.26	c	

*Nota.* ADS= Antes de la siembra. EMA = Microorganismos Eficaces Activados.

**Figura 3**

*pH de los suelos*



### Materia orgánica

La prueba de F de la tabla 5 del análisis de varianza indica que existen diferencias estadísticas altamente significativas para los promedios de los



tratamientos en estudio con respecto al contenido de materia orgánica en el suelo, antes de la siembra y al momento de la cosecha; el coeficiente de variación es de 0.33 %, señalándonos también que existe una alta homogeneidad en los datos evaluados.

**Tabla 5**

*Análisis de varianza del contenido de materia orgánica de los suelos*

FV	GL	SC	CM	FC	Ftab		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	0.00207	0.00103	2.58	3.88	6.93	n. s.
Tratamientos	6	3.25266	0.54211	1355.27	3.00	4.82	**
Error	12	0.00480	0.00040				
Total	20	3.25952					

*Nota.* CV = 0.33 %

Para poder determinar las diferencias estadísticas encontradas en el análisis de varianza, se procedió a realizar a la prueba de comparación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ) la misma que se muestra en la tabla 6 y figura 4, donde se puede apreciar que al suelo que se le aplicó el Biofit presentó un mayor contenido de materia orgánica (6.51 %) al momento de la cosecha en comparación al análisis realizado antes de la siembra (ADS) que presentó un promedio de 5.69 %, así como también de los suelos que no fueron fertilizados (5.68 %) y de aquellos donde se aplicaron fertilizantes inorgánicos (5.67 %); también observamos que existe una ligera disminución en el contenido de la materia orgánica en el suelo donde se aplicó fertilizantes con respecto al análisis previo a la siembra.

**Tabla 6**

*Prueba de Tukey del contenido de la materia orgánica de los suelos*

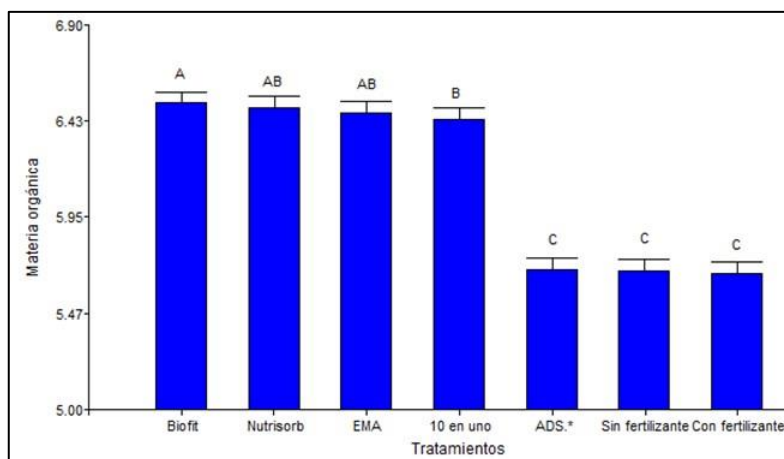
Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %	
1	Biofit	6.51	a	
2	Nutrisorb	6.49	a	b

Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %	
3	EMA	6.46	a	b
4	10 en uno	6.43		b
5	ADS	5.69		c
6	Sin fertilizante	5.68		c
7	Con fertilizante	5.67		c

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 4**

*Contenido de materia orgánica de los suelos*



### Fosforo disponible

La tabla 7, del análisis de varianza para los resultados del fósforo disponible en el suelo muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los tratamientos, es decir al menos uno de los tratamientos presentó un promedio diferente de fósforo disponible en relación a los demás; asimismo presenta una alta homogeneidad entre las unidades analizadas ya que el coeficiente de variación es de 0.19 %.

**Tabla 7**

*Análisis de varianza del fósforo disponible en los suelos*

FV	GL	SC	CM	FC	Ftab		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	0.082	0.041	0.15	3.88	6.93	n. s.
Tratamientos	6	46.283	7.714	28.89	3.00	4.82	**
Error	12	3.204	0.267				
Total	20	49.569					

*Nota.* CV = 0.19 %

Para poder determinar la alta significación encontrada en el análisis de varianza se procedió a realizar la comparación de los promedios mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ ; las mismas que se muestran en la tabla 8 y figura 5, donde se puede observar que el tratamiento que incluyó la adición de fertilizantes presentó una mayor cantidad de fósforo disponible (278.90 ppm) siendo estadísticamente significativo a los tratamientos que incluyeron los biofertilizantes a base de microorganismos benéficos (EMA), 10 en uno, asimismo a la cantidad de fósforo que se encontró antes de la siembra y al tratamiento que no tuvo fertilización; también debemos mencionar que la aplicación de los biofertilizantes Biofit y Nutrisorb, tuvieron un incremento significativo de fósforo disponible en relación al obtenido antes de la siembra.

**Tabla 8**

*Prueba de Tukey del fósforo disponible en los suelos*

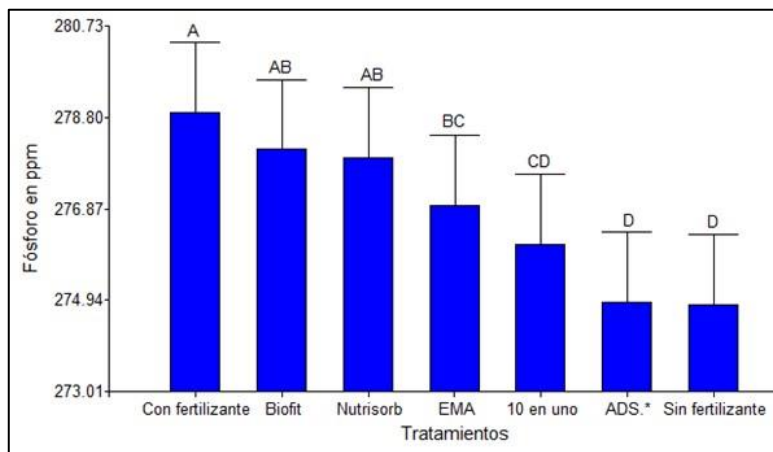
Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %			
1	Con fertilizante	278.90	a			
2	Biofit	278.12	a	b		
3	Nutrisorb	277.95	a	b		
4	EMA	276.94	b	c		
5	10 en uno	276.11		c	d	
6	ADS	274.90			d	

Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %
7	Sin fertilizante	274.84	d

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 5**

*Fósforo disponible en los suelos*



### Potasio disponible

El análisis de varianza de los resultados del potasio disponible en el suelo (tabla 9), muestra que existe diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los tratamientos, de igual forma el coeficiente de variación es de 0.19 % lo que no indica la confiabilidad de los datos muestrales recogidos.

**Tabla 9**

*Análisis de varianza del potasio disponible en los suelos*

FV	GL	SC	CM	FC	F <sub>tab</sub>		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	3.282	1.641	1.06	3.88	6.93	n. s.
Tratamientos	6	14891.551	2481.925	1602.38	3.00	4.82	**
Error	12	18.587	1.549				
Total	20	14913.420					

*Nota.* CV = 0.19 %

Al efectuarse la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ), para determinar las diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos con respecto a la cantidad de potasio disponible en el suelo, las mismas que se muestran en la tabla 10 y figura 6, observamos que el suelo al que se le aplicó fertilizantes inorgánicos presenta un promedio de 685.00 ppm, que es estadísticamente significativo en comparación con los demás tratamientos; de igual forma la aplicación de los biofertilizantes al suelo incrementaron el contenido de potasio en comparación con la muestra inicial que fue tomada antes de la siembra del cultivo de maíz morado.

**Tabla 10**

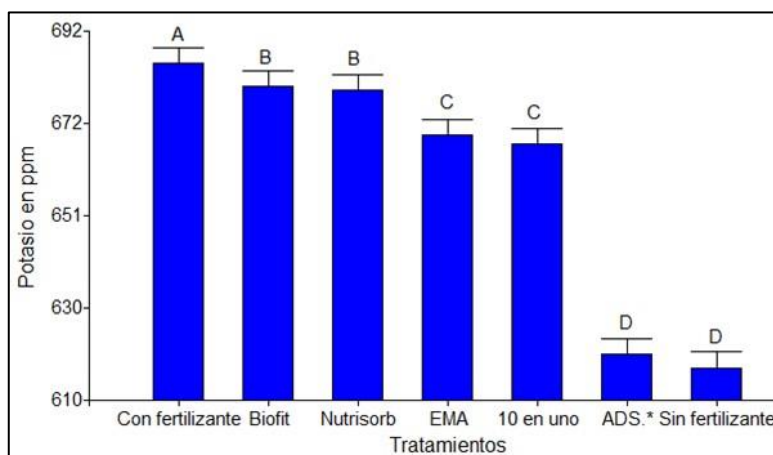
*Prueba de Tukey del potasio disponible en los suelos*

Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %
1	Con fertilizante	685.00	a
2	Biofit	680.00	b
3	Nutrisorb	679.00	b
4	EMA	669.00	c
5	10 en uno	667.00	c
6	ADS	620.00	d
7	Sin fertilizante	617.00	d

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 6**

*Potasio disponible en los suelos*



## Capacidad de intercambio catiónico

Al efectuarse el análisis de varianza (tabla 11) a los resultados obtenidos del análisis de suelo sobre la capacidad de intercambio catiónico los promedios de los tratamientos en estudio presentaron diferencias estadísticas significativas; el coeficiente de variación es de 3.08 % el cual se encuentra dentro de los rangos de aceptación excelente (Calzada, 1970).

**Tabla 11**

*Análisis de varianza de la capacidad de intercambio catiónico*

FV	GL	SC	CM	FC	Ftab		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	0.1587	0.0794	0.57	3.88	6.93	n. s.
Tratamientos	6	3.2906	0.5484	3.93	3.00	4.82	*
Error	12	1.6757	0.1396				
Total	20	5.1251					

*Nota.* CV = 3.08 %

En la tabla 12 y figura 7, se muestra la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ), donde se observa los promedios de todos los tratamientos en estudio no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, a diferencia de la significación que se encontró en la prueba de F del análisis de varianza; además debemos mencionar que la adición de los biofertilizantes Biofit, Nutrisorb, EMA y 10 en uno, incrementaron ligeramente la capacidad de intercambio catiónico del suelo en relación a la muestra tomada inicialmente.

**Tabla 12**

*Prueba de Tukey de la capacidad de intercambio catiónico de los suelos*

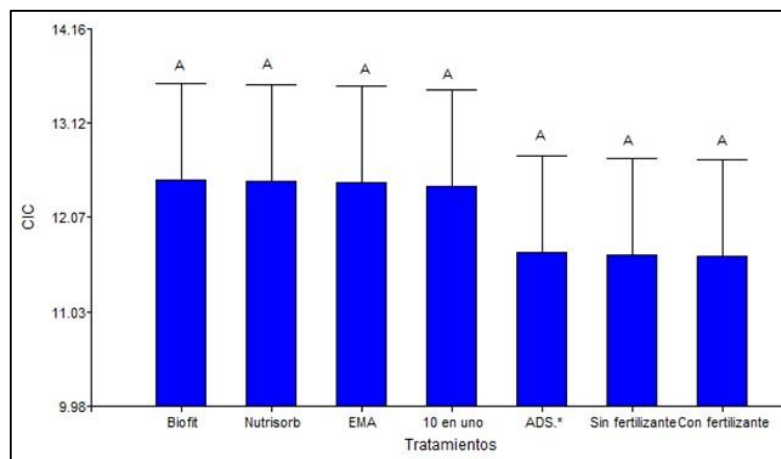
Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %
1	Biofit	12.49	a
2	Nutrisorb	12.48	a
3	EMA	12.45	a
4	10 en uno	12.42	a

Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %
5	ADS	11.68	a
6	Sin fertilizante	11.66	a
7	Con fertilizante	11.65	a

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 7**

*Capacidad de intercambio catiónico*



### Quantificación de bacterias nitrificantes.

Los resultados de la cuantificación de las bacterias nitrificantes fueron transformados a logaritmos, para satisfacer el requisito de la distribución normal, luego se realizó el análisis de varianza respectivo y la comparación de los promedios mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

La prueba de F de la tabla 13 del análisis de varianza muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los tratamientos en estudio con respecto a la cantidad de bacterias nitrificantes, del mismo modo el coeficiente de variación es de 0.30 % el cual se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos similares.

**Tabla 13**

*Análisis de varianza de la cuantificación de bacterias nitrificantes*

FV	GL	SC	CM	FC	Ftab		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	0.00092	0.00046	1.54	3.88	6.93	n. s.
Tratamientos	6	2.76136	0.46023	1530.04	3.00	4.82	**
Error	12	0.00361	0.00030				
Total	20	2.76590					

*Nota.* CV = 0.30 %

Al efectuarse las comparaciones de los promedios mediante la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ), observamos que los biofertilizantes EMA y Biofit, presentan un promedio de  $1.49623566 \times 10^6$  UFC/gr., suelo seco o su equivalente mediante transformación logarítmica (Log 10) igual a 6.175; resultando estadísticamente significativos en comparación con los demás tratamientos, como se observa en la tabla 14 y figura 8; asimismo estos biofertilizantes incrementaron la población de bacterias nitrificantes que inicialmente se encontraron en el suelo el cual fue de  $9.5060479 \times 10^5$  UFC/gr suelo seco o de 5.978 (Log 10 de UFC/gr suelo seco).

**Tabla 14**

*Prueba de Tukey de la cuantificación de bacterias nitrificantes*

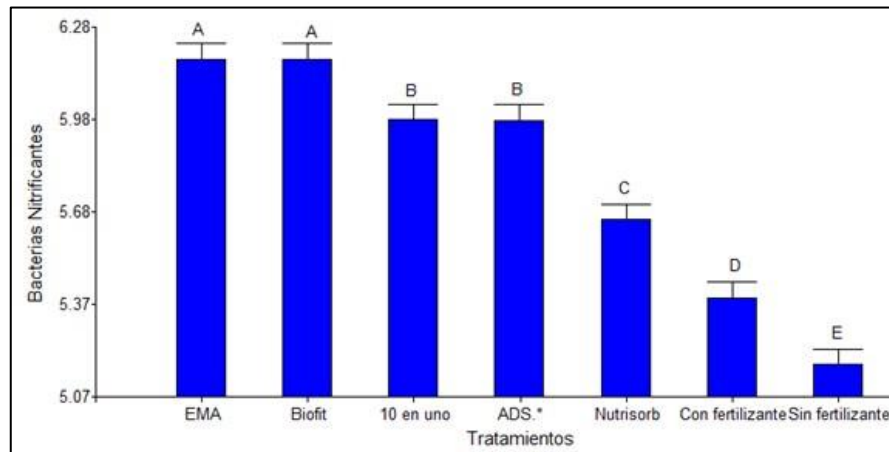
Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Media	Nivel de significancia al 5 %
1	EMA	6.175	$1.49623566 \times 10^6$	a
2	Biofit	6.175	$1.49623566 \times 10^6$	a
3	10 en uno	5.978	$9.5060479 \times 10^5$	b
4	ADS	5.978	$9.5060479 \times 10^5$	b
5	Nutrisorb	5.653	$4.4977985 \times 10^5$	c
6	Con fertilizante	5.398	$2.5003454 \times 10^5$	d
7	Sin fertilizante	5.175	$1.4962357 \times 10^5$	e

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).



**Figura 8**

*Cuantificación de bacterias nitrificantes*



**Cuantificación de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre.**

A los resultados del análisis de suelo respecto a la cuantificación de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre también se les realizó la transformación logarítmica para su respectivo análisis de varianza, el cual se muestra en la tabla 15, donde observamos que existen diferencias estadísticas altamente significativas para los promedios de los tratamientos en estudio. El coeficiente de variación es de 0.39 % el cual indica el alto porcentaje de confiabilidad de los datos registrados.

**Tabla 15**

*Análisis de varianza de la cuantificación de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre*

FV	GL	SC	CM	FC	F <sub>tab</sub>		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	0.00235	0.00118	3.27	3.88	6.93	n. s.
Tratamientos	6	10.69251	1.78209	4956.79	3.00	4.82	**
Error	12	0.00431	0.00036				
Total	20	10.69918					

Nota. CV = 0.39 %

**Tabla 16**

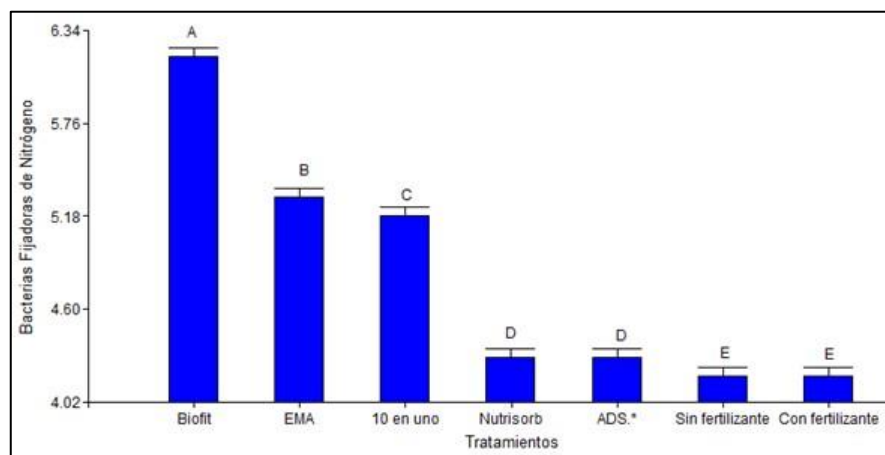
*Prueba de Tukey de la cuantificación de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre*

Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Media	Nivel de significancia al 5 %
1	Biofit	6.175	1496235.66 x 10 <sup>6</sup>	a
2	EMA	5.301	199986.19 x 10 <sup>6</sup>	b
3	10 en uno	5.175	149623.57 x 10 <sup>6</sup>	c
4	Nutrisorb	4.301	19998.62 x 10 <sup>6</sup>	d
5	ADS	4.301	19998.62 x 10 <sup>6</sup>	d
6	Sin fertilizante	4.175	14962.36 x 10 <sup>6</sup>	e
7	Con fertilizante	4.175	14962.36 x 10 <sup>6</sup>	e

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 9**

*Cuantificación de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre*



La tabla 16 y figura 9, muestra la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ), donde podemos observar que el biofertilizante Biofit presenta un promedio de  $1.49623566 \times 10^6$  UFC/gr suelo seco o su equivalente según transformación logarítmica (Log 10) es de 6.175 el cual es estadísticamente superior a los demás tratamientos, con respecto a la cuantificación de las bacterias fijadoras de

nitrógeno de vida libre presentes en el suelo; asimismo, el promedio más bajo se presentaron en los tratamientos sin fertilizante y con adición de fertilizante inorgánico el cual fue de  $1.496236 \times 10^4$  UFC/g suelo.

### **Biomasa microbiana.**

Al realizar el análisis de variancia de los resultados de la biomasa microbiana del suelo (tabla 17), se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los tratamientos en estudio, el coeficiente de variación (CV) es de 0.69 % el cual indica la confiabilidad de los datos por estar dentro de los límites de aceptación.

**Tabla 17**

*Análisis de varianza de la biomasa microbiana*

FV	GL	SC	CM	FC	Ftab		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	0.000352	0.000176	2.71	3.88	6.93	n. s.
Tratamientos	6	1.732048	0.288675	4435.73	3.00	4.82	**
Error	12	0.000781	0.000065				
Total	20	1.733181					

*Nota.* CV = 0.69 %

Al efectuarse la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ , las mismas que se muestran en la tabla 18 y figura 10, observamos que el biofertilizante Biofit es altamente significativo en comparación con los demás tratamientos; también debemos mencionar que el tratamiento que incluía la adición de fertilizante inorgánico presentó un promedio de 0.81 de biomasa microbiana, dicho promedio se encuentra por debajo de todos e incluso del promedio encontrado antes de ser instalado con el cultivo de maíz morado que fue de 0.88.

**Tabla 18**

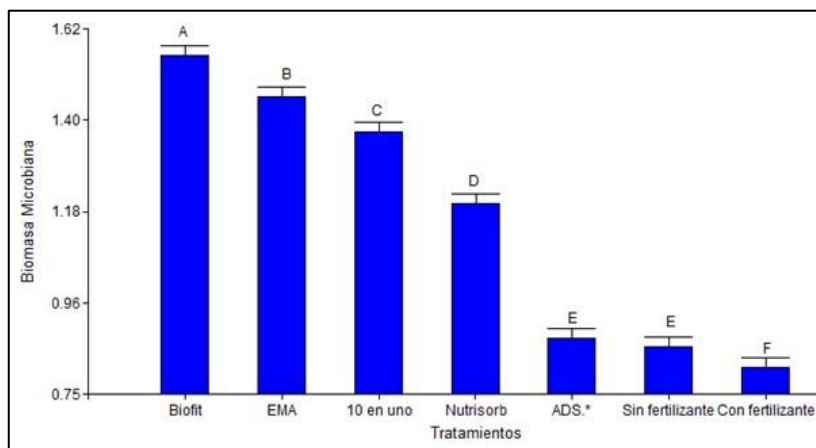
*Prueba de Tukey de la biomasa microbiana*

Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %
1	Biofit	1.55	a
2	EMA	1.45	b
3	10 en uno	1.37	c
4	Nutrisorb	1.20	d
5	ADS	0.88	e
6	Sin fertilizante	0.86	e
7	Con fertilizante	0.81	f

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 10**

*Biomasa microbiana*



#### 4.1.2 De los componentes de rendimiento

##### Altura de planta (cm).

Se evaluaron 20 plantas tomadas al azar de la parcela neta, las mismas que fueron medidas desde el suelo hasta la base de la espiga, los datos registrados se encuentran en la parte de anexos.

**Tabla 19**

*Análisis de varianza de la altura de plantas (cm)*

FV	GL	SC	CM	FC	F <sub>tab</sub>		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	0.04	0.02	2.39	3.55	6.01	n. s.
Tratamientos	9	0.16	0.02	2.36	2.46	3.60	n. s.
Variedades de maíz (A)	1	0.07	0.07	9.42	4.41	8.28	**
Biofertilizantes (B)	3	0.02	0.01	0.72	3.16	5.09	n. s.
A x B	3	0.03	0.01	1.39	3.16	5.09	n. s.
Con fertilizante vs sin fertilizante	1	0.01	0.01	1.00	4.41	8.28	n. s.
Con biofertilizante vs sin biofertilizante	1	0.03	0.03	4.48	4.41	8.28	*
Error	18	0.13	0.01				
<b>Total</b>	29	0.32					

Nota. CV = 5.22 %

El análisis de varianza de la altura de plantas (tabla 19) medida en centímetros (cm), indica que no existen diferencias significativas para los tratamientos, los biofertilizantes, la interacción de variedades de maíz por biofertilizantes y del contraste del tratamiento con fertilizante vs sin fertilizante; asimismo encontramos diferencias significativas para el contraste de los tratamientos con biofertilizante vs sin biofertilizante, finalmente observamos diferencias altamente significativas para las variedades de maíz morado, las mismas que tienen un coeficiente de variación (CV) de 5.22 %, el cual permite inferir que la altura de las plantas es un carácter intrínseco de las variedades de maíz morado.

**Tabla 20**

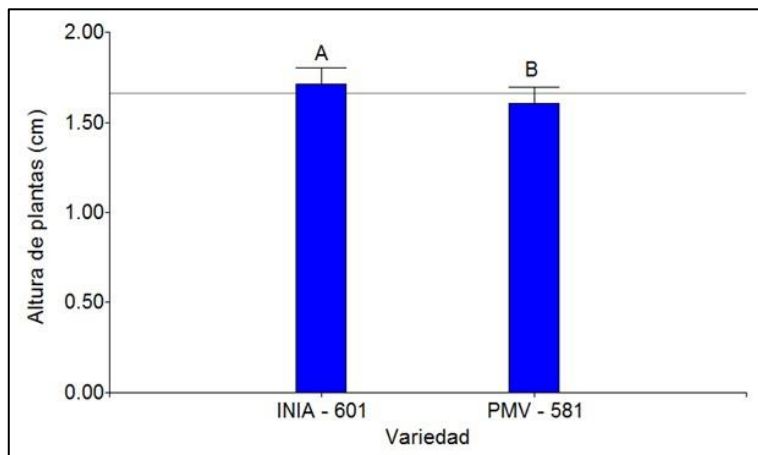
*Prueba de Tukey a las variedades respecto a la altura de plantas (cm)*

Orden de mérito	Variedad	Media (cm)	Nivel de significancia al 5 %
1	INIA - 601	171	a
2	PMV - 581	161	b

La prueba de Tukey (tabla 20) al nivel de significación del 5 %; muestra que las plantas de maíz morado de la variedad INIA – 601 alcanzaron un promedio de 171 cm de alto, siendo estadísticamente significativo frente a los de la variedad PMV – 581 cuyo promedio es de 161 cm, las mismas que se puede apreciar en la figura 11.

### Figura 11

*Altura de plantas en centímetros según variedad*



### Longitud de mazorca (cm).

Es la presente evaluación se midieron en centímetros las mazorcas desde la base en su inserción con el pedúnculo, hasta su ápice, para ello se tomaron 10 mazorcas seleccionados al azar al momento de la cosecha, los datos registrados se encuentran en la parte anexos.

La tabla 21 del análisis de varianza de la longitud de mazorcas (cm); indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los niveles de los biofertilizantes y para el contraste del tratamiento con biofertilizante vs sin biofertilizante. Pero si encontramos diferencias estadísticas significativas para la interacción de variedades de maíz por biofertilizantes; asimismo encontramos diferencias estadísticas altamente significativas para las variedades de maíz y para el contraste de los tratamientos con biofertilizante vs sin biofertilizante; teniendo un coeficiente de variación (CV) de 4.59 %, la interacción significativa de variedad por biofertilizante (A x B), indica que ambos factores no son independientes entre sí con relación a la longitud de la mazorca.

Es decir que la diferencia de los promedios de la longitud de la mazorca de las dos variedades de maíz morado (A) es distinta en los cuatro niveles de biofertilización (B) y/o viceversa.

**Tabla 21**

*Análisis de varianza de la longitud de mazorca (cm)*

FV	GL	SC	CM	FC	Ftab		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	4.97	2.49	4.48	3.55	6.01	*
Tratamientos	9	55.54	6.17	11.12	2.46	3.60	**
Variedades de maíz (A)	1	36.26	36.26	65.32	4.41	8.28	**
Biofertilizantes (B)	3	0.46	0.15	0.28	3.16	5.09	n. s.
A x B	3	7.16	2.39	4.30	3.16	5.09	*
Con fertilizante vs sin fertilizante	1	1.33	1.33	2.39	4.41	8.28	n. s.
Con biofertilizante vs sin biofertilizante	1	10.34	10.34	18.62	4.41	8.28	**
Error	18	9.99	0.56				
<b>Total</b>	29	70.50					

Nota. CV = 4.59 %

La prueba de Tukey al 5 % de significación (tabla 22) con respecto a la longitud de mazorcas; muestra que las plantas de maíz morado de la variedad PMV – 581 alcanzaron un promedio de 17.75 cm, siendo estadísticamente significativo a los de la variedad INIA – 601 cuyo promedio es de 15.29 cm, las mismas que se observan en la figura 12.

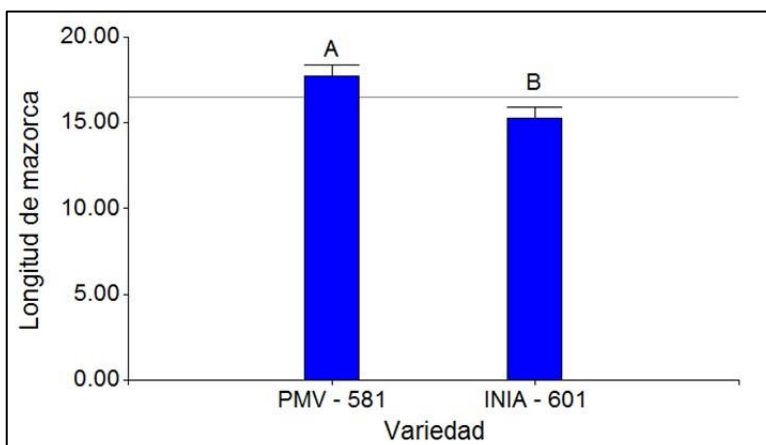
**Tabla 22**

*Prueba de Tukey a las variedades respecto a la longitud de mazorcas (cm)*

Orden de mérito	Variedad	Media	Nivel de significancia al 5 %
1	PMV - 581	17.75	a
2	INIA - 601	15.29	b

**Figura 12**

*Longitud de mazorcas (en cm) según variedad*



La prueba de Tukey para los promedios de la interacción de variedades x biofertilizantes (tabla 23 y figura 13), indica que existen diferencias estadísticas significativas entre sí, agrupándose en cuatro grupos de significancia (a, b, c y d); siendo superior el tratamiento T6 (PMV – 581 x Nutrisorb) con un promedio de 18.45 cm, mientras que el tratamiento T2 (INIA – 601 x Nutrisorb) sólo alcanzó un promedio de 14.58 cm; del mismo modo debemos mencionar que los promedios que se encuentran representados con una misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, con respecto a la longitud de mazorcas.

**Tabla 23**

*Prueba de Tukey de la interacción de variedades x biofertilizantes respecto a la longitud de mazorca (cm)*

Orden de mérito	Variedad x Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %			
1	T6	18.45	a			
2	T7	18.15	a	b		
3	T8	17.32	a	b	c	
4	T5	17.08	a	b	c	
5	T4	16.07		b	c	d

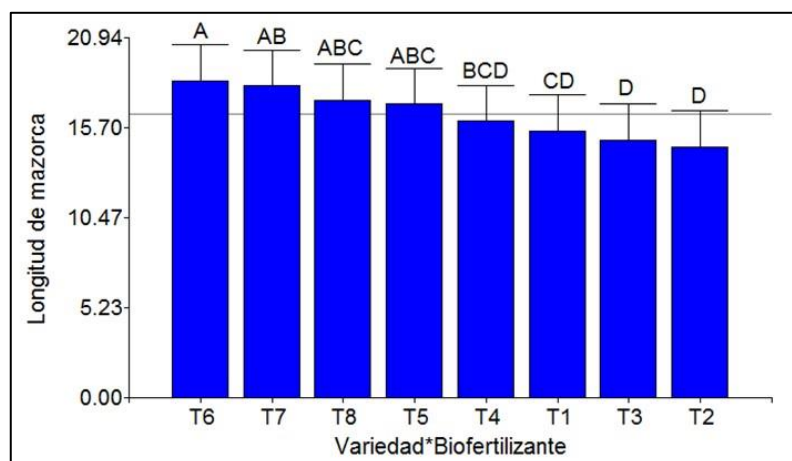


Orden de mérito	Variedad x Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %	
6	T1	15.53	c	d
7	T3	14.98		d
8	T2	14.58		d

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 13**

*Longitud de mazorcas (en cm) según interacción de variedad por biofertilizante*



### **Diámetro de mazorca (cm).**

La presente evaluación se realizó de forma simultáneamente a la toma de la longitud de las 10 mazorcas de cada tratamiento, con la ayuda de un vernier en la parte central de la mazorca, las mismas que están expresadas en centímetros; los datos registrados se encuentran en la parte de los anexos.

El análisis de varianza (tabla 24) del diámetro de mazorca en centímetros, muestra que no existe diferencias estadísticas significativas entre los promedios de las fuentes de variación: variedades de maíz, biofertilizantes, la interacción de variedades por biofertilizantes, de los contrastes de los tratamientos con fertilizante vs sin fertilizante y finalmente del contraste del tratamiento con biofertilizante vs sin biofertilizantes. El coeficiente de variación es de 3.77 %.

**Tabla 24**

*Análisis de varianza del diámetro de mazorca (cm)*

FV	GL	SC	CM	FC	Ftab		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	0.12	0.06	1.94	3.55	6.01	n. s.
Tratamientos	9	0.13	0.01	0.44	2.46	3.60	n. s.
Variedades de maíz (A)	1	0.02	0.02	0.76	4.41	8.28	n. s.
Biofertilizantes (B)	3	0.03	0.01	0.29	3.16	5.09	n. s.
A x B	3	0.05	0.02	0.53	3.16	5.09	n. s.
Con fertilizante vs sin fertilizante	1	0.0048	0.0048	0.15	4.41	8.28	n. s.
Con biofertilizante vs sin biofertilizante	1	0.02	0.02	0.58	4.41	8.28	n. s.
Error	18	0.57	0.03				
<b>Total</b>	29	0.82					

Nota. CV = 3.77 %

### Número de mazorcas/planta.

Se evaluó el número de mazorcas bien formadas y de tamaño mayor al 50 % de la mazorca principal al finalizar el ciclo biológico, los datos registrados de la presente evaluación se encuentran en la parte de anexos.

El cuadro del análisis de varianza (tabla 25) del número de mazorcas/planta muestra que no existe diferencias estadísticas significativas entre los promedios de los biofertilizantes, así como de la interacción de variedades por biofertilizantes; del mismo modo podemos observar que si existe diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de las variedades de maíz; de igual forma para los promedios del contraste entre el tratamiento con fertilizante vs sin fertilizante, y de los tratamientos con biofertilizantes vs sin biofertilizantes, el coeficiente de variación es de 7.32 % el cual se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos conducidos a nivel de campo.

La no significación de la interacción entre variedades de maíz por biofertilizantes indica que el número de mazorcas/planta es un carácter inherente o intrínseco de cada una de las variedades en estudio la misma que no se ve influenciado por la aplicación de los biofertilizantes.

**Tabla 25**

*Análisis de varianza del número de mazorcas/planta*

FV	GL	SC	CM	FC	F <sub>tab</sub>		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	0.01	0.0043	0.29	3.55	6.01	n. s.
Tratamientos	9	2.21	0.25	16.32	2.46	3.60	**
Variedades de maíz (A)	1	1.60	1.60	106.25	4.41	8.28	**
Biofertilizantes (B)	3	0.02	0.01	0.52	3.16	5.09	n. s.
A x B	3	0.07	0.02	1.51	3.16	5.09	n. s.
Con fertilizante vs sin fertilizante	1	0.14	0.14	8.96	4.41	8.28	**
Con biofertilizante vs sin biofertilizante	1	0.39	0.39	25.56	4.41	8.28	**
Error	18	0.27	0.02				
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>2.49</b>					

*Nota.* CV = 7.32 %

La prueba de Tukey (tabla 26 y figura 14), muestra que los promedios de las variedades de maíz morado en estudio presentan diferencias estadísticas significativas referente al número de mazorcas/planta; teniendo a la variedad PMV – 581 con un promedio de 1.99 mazorcas, mientras que la variedad INIA – 601 tiene un promedio de 1.48 mazorcas/planta.

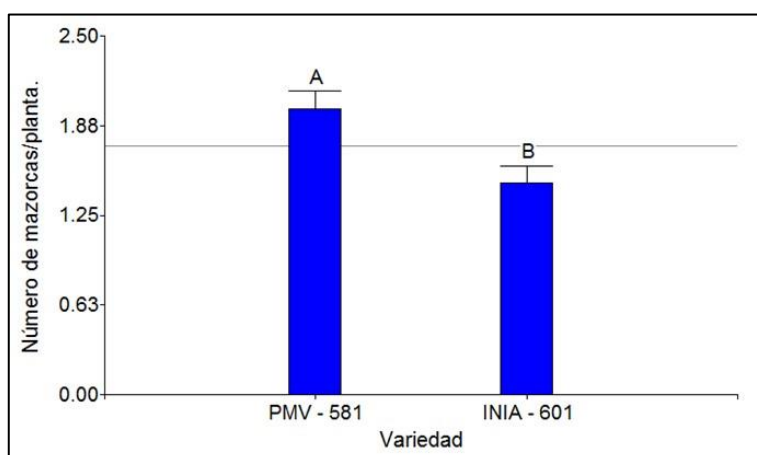
**Tabla 26**

*Prueba de Tukey a las variedades respecto al número de mazorcas/planta*

Orden de mérito	Variedad	Media	Nivel de significancia al 5 %
1	PMV - 581	1.99	a
2	INIA - 601	1.48	b

**Figura 14**

*Número de mazorcas/planta según variedad*



La prueba de Tukey (tabla 27 y figura 15) de los promedios de la interacción de variedad por biofertilizante, presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí; encontrándose agrupados en tres grupos de significancia (a, b y c); donde el tratamiento T6 (PMV – 581 x Nutrisorb) presenta un promedio superior igual a 2.07 mazorcas/planta y el tratamiento T1 (INIA – 601 x Biofit) sólo presentó 1.43 mazorcas/planta.

**Tabla 27**

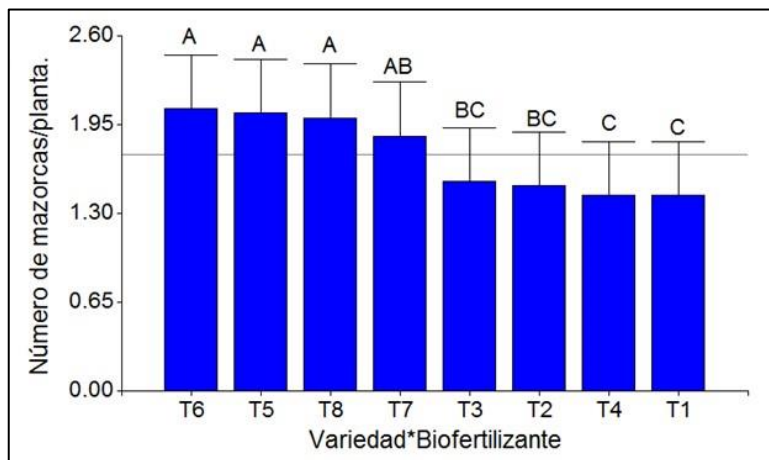
*Prueba de Tukey de la interacción de variedad por biofertilizante respecto al número de mazorcas/planta.*

Orden de mérito	Variedad x Biofertilizante	Media	Nivel de significancia al 5 %	
1	T6	2.07	a	
2	T5	2.03	a	
3	T8	2.00	a	
4	T7	1.87	a	b
5	T3	1.53	b	c
6	T2	1.50	b	c
7	T4	1.43	c	
8	T1	1.43	c	

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 15**

*Número de mazorcas/planta según interacción variedad por biofertilizante*



**Peso de mazorca (g).**

En la presente evaluación se pesó las mazorcas del área neta experimental después de ser cosechada y deshojada, con la ayuda de una balanza, los datos registrados se encuentran en la parte de anexos.

**Tabla 28**

*Análisis de varianza del peso de mazorca (g)*

FV	GL	SC	CM	FC	Ftab		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	1655.02	827.51	2.60	3.55	6.01	n. s.
Tratamientos	9	7625.74	847.30	2.66	2.46	3.60	*
Variedades de maíz (A)	1	4306.76	4306.76	13.54	4.41	8.28	**
Biofertilizantes (B)	3	266.86	88.95	0.28	3.16	5.09	n. s.
A x B	3	814.95	271.65	0.85	3.16	5.09	n. s.
Con fertilizante vs sin fertilizante	1	620.17	620.17	1.95	4.41	8.28	n. s.
Con biofertilizante vs sin biofertilizante	1	1617.00	1617.00	5.08	4.41	8.28	*
Error	18	5724.98	318.05				
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>15005.74</b>					

Nota. CV = 9.84 %

El cuadro 28 de análisis de varianza referente al peso de mazorcas muestra que existe diferencias significativas y altamente significativas para el contraste de los tratamientos con biofertilizante vs sin biofertilizante, y las variedades respectivamente; asimismo no se encontró significación entre los promedios de los biofertilizantes, en la interacción de variedades por biofertilizantes y en el contraste del tratamiento con fertilizante vs sin fertilizante; el coeficiente de variación es de 9.84 %.

La prueba de Tukey al 5 % de significancia (tabla 29 y figura 16) muestra que los promedios de las variedades de maíz morado son estadísticamente diferentes entre sí en cuanto al peso de mazorcas; siendo la variedad PMV – 581 el de mayor promedio con 198.25 gramos, y la variedad INIA – 601 con un promedio de 171.46 gramos.

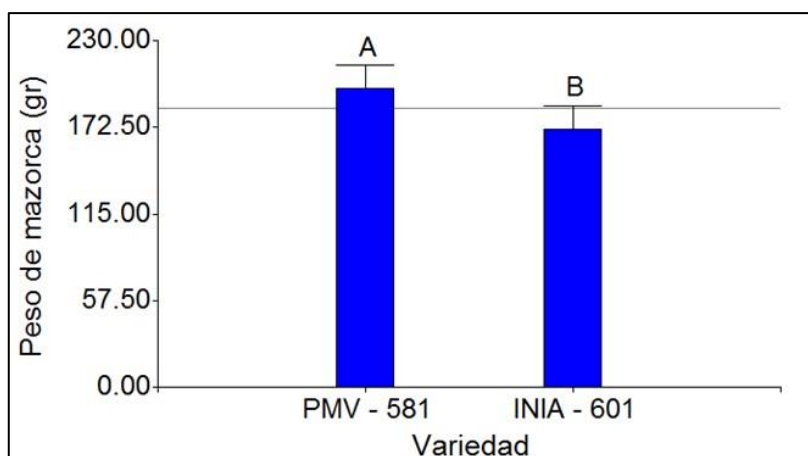
**Tabla 29**

*Prueba de Tukey a las variedades respecto al peso de mazorca (g).*

Orden de mérito	Variedad	Media	Nivel de significancia al 5 %
1	PMV - 581	198.25	a
2	INIA - 601	171.46	b

**Figura 16**

*Peso de mazorca (en g) según variedad*



### Rendimiento por hectárea.

Se cosechó todas las mazorcas del área neta experimental de la parcela, para ser pesados con una balanza, luego por medio de regla de tres se calculó el rendimiento total, así como los rendimientos de las categorías de primera, segunda y tercera en kg/ha. Los datos registrados y uniformizados al 10 % de humedad de las evaluaciones correspondientes se encuentran en la parte de anexos.

#### A. Rendimiento total

Este parámetro de evaluación incluye la suma de las categorías de primera, segunda y tercera de las mazorcas obtenidas en la parcela neta experimental; las mismas que fueron ajustadas al 10 % de humedad, teniendo en consideración que fueron cosechados a una humedad del 18 % aproximadamente; para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$Pu = \frac{Pa (100 - Ha)}{100 - Hd}$$

Dónde:

Pu: Peso uniformizado

Pa: Peso actual.

Ha: Humedad actual.

Hd: Humedad deseada (10 %)

**Tabla 30**

*Análisis de varianza del rendimiento total (kg/ha)*

FV	GL	SC	CM	FC	Ftab		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	2428943.62	1214471.81	8.27	3.55	6.01	**
Tratamientos	9	28060471.61	3117830.18	21.22	2.46	3.60	**

FV	GL	SC	CM	FC	Ftab		Sign.
					0.05	0.01	
Variedades de maíz (A)	1	539542.90	539542.90	3.67	4.41	8.28	n. s.
Biofertilizantes (B)	3	2539387.47	846462.49	5.76	3.16	5.09	**
A x B	3	2409312.37	803104.12	5.47	3.16	5.09	**
Con fertilizante vs sin fertilizante	1	20411332.95	20411332.95	138.93	4.41	8.28	**
Con biofertilizante vs sin biofertilizante	1	2160895.92	2160895.92	14.71	4.41	8.28	**
Error	18	2644580.90	146921.16				
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>33133996.13</b>					

Nota. CV = 6.76 %

El análisis de varianza (tabla 30) del rendimiento total en kg/ha de maíz morado muestra que las fuentes de variación de: biofertilizantes, la interacción de variedades x biofertilizantes, los contrastes entre los tratamientos con fertilizante vs sin fertilizante y el de los tratamientos con biofertilizantes vs sin biofertilizantes presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para la F tabular al 5 y 1 %; pero no existe diferencias estadísticas para los promedios de las variedades de maíz morado; el coeficiente de variación es de 6.76 %.

**Tabla 31**

*Prueba de Tukey a los biofertilizantes respecto al rendimiento total (kg/ha).*

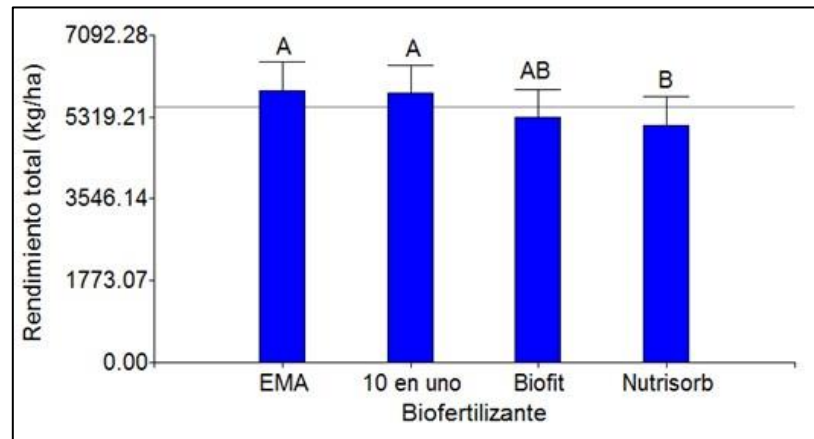
Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %	
1	EMA	5880.39	a	
2	10 en uno	5826.90	a	
3	Biofit	5300.51	a	b
4	Nutrisorb	5130.35		b

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).



**Figura 17**

*Rendimiento total (kg/ha) según biofertilizante*



La prueba de Tukey realizada a los promedios de los cuatro biofertilizantes aplicados a las dos variedades de maíz morado (tabla 31 y figura 17), encontramos diferencias estadísticas significativas entre sí; donde el promedio del biofertilizante EMA (Microorganismos eficientes) es de 5880.39 kg/ha siendo superior estadísticamente al promedio del biofertilizante Nutrisorb que es de 5130.35 kg/ha; los promedios de los biofertilizantes que se encuentran representados con una letra no son estadísticamente diferentes entre sí.

**Tabla 32**

*Prueba de Tukey de la interacción variedad por biofertilizante respecto al rendimiento total (kg/ha).*

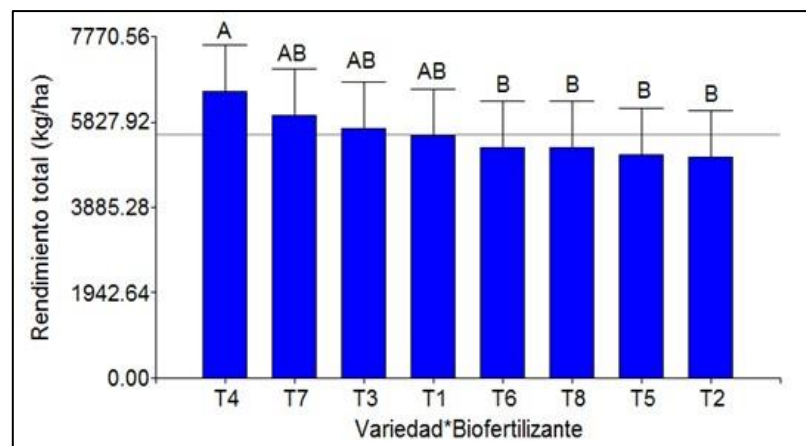
Orden de mérito	Variedad x Biofertilizante	Media	Nivel de significancia al 5 %	
1	T4	6520.88	a	
2	T7	5970.17	a	b
3	T3	5683.63	a	b
4	T1	5518.31	a	b
5	T6	5245.62		b

Orden de mérito	Variedad x Biofertilizante	Media	Nivel de significancia al 5 %
6	T8	5239.91	b
7	T5	5082.71	b
8	T2	5015.07	b

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 18**

*Rendimiento total (kg/ha) de la interacción variedad por biofertilizante*



La tabla 32 y figura 18, indica que los promedios de la interacción de variedades x biofertilizantes son estadísticamente significativos entre sí; por tanto, los promedios están comprendidos en dos grupos de significancia A y B; donde se tiene al tratamiento T4 (INIA – 601 x EMA) con mayor promedio (6520.88 kg/ha) y al tratamiento T2 (INIA – 601 x 10 en uno) con un promedio de 5015.07 kg/ha; de igual forma los promedios que se encuentran representados con una misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí.

## B. Rendimiento de la categoría primera

Las mazorcas de maíz morado se consideran de categoría primera cuando presentan una longitud superior a los 15 cm (Mendoza, 2017), además no debe tener daño por plaga, enfermedad u otros patógenos.

**Tabla 33**

*Análisis de varianza del rendimiento categoría primera (kg/ha)*

FV	GL	SC	CM	FC	F <sub>tab</sub>		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	1573549.11	786774.55	7.05	3.55	6.01	**
Tratamientos	9	16021984.30	1780220.48	15.96	2.46	3.60	**
Variedades de maíz (A)	1	666874.35	666874.35	5.98	4.41	8.28	*
Biofertilizantes (B)	3	2267717.41	755905.80	6.78	3.16	5.09	**
A x B	3	2059182.26	686394.09	6.15	3.16	5.09	**
Con fertilizante vs sin fertilizante	1	10121447.09	10121447.09	90.74	4.41	8.28	**
Con biofertilizante vs sin biofertilizante	1	906763.18	906763.18	8.13	4.41	8.28	*
Error	18	2007736.62	111540.92				
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>19603270.03</b>					

*Nota.* CV = 9.86 %

Con respecto al rendimiento de primera de maíz morado, en el cuadro de análisis de varianza (tabla 33) se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los biofertilizantes, la interacción de variedades x biofertilizantes y para el contraste entre el tratamiento con fertilizante vs sin fertilizante; asimismo se muestra significación para los promedios de las variedades y para el contraste entre los tratamientos con biofertilizantes vs sin biofertilizantes; el coeficiente de variación es de 9.86 %.

La tabla 34 y figura 19, muestra que los promedios de las variedades de maíz morado PMV – 581 e INIA – 601 son diferentes

estadísticamente entre sí, con respecto al rendimiento de mazorcas en la categoría de primera; con promedios de 3641.32 kg/ha y 3307.93 kg/ha respectivamente.

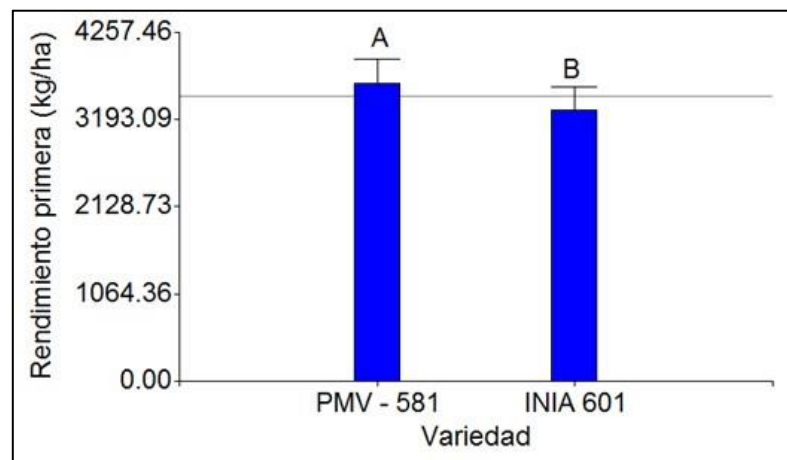
**Tabla 34**

*Prueba de Tukey a las variedades respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría de primera.*

Orden de mérito	Variedad	Media	Nivel de significancia al 5 %
1	PMV - 581	3641.32	a
2	INIA - 601	3307.93	b

**Figura 19**

*Rendimiento categoría primera (kg/ha) según variedad*



Los promedios de los biofertilizantes en relación al rendimiento en la categoría de primera muestran diferencias significativas entre sí; donde, el biofertilizante 10 en uno, presentó un promedio de 3831.58 kg/ha, siendo superior estadísticamente a los promedios de los biofertilizantes Biofit y Nutrisorb que presentaron promedios de 3208.27 y 3133.12 kg/ha respectivamente, dichos resultados se muestran en la tabla 35 y figura 20.

**Tabla 35**

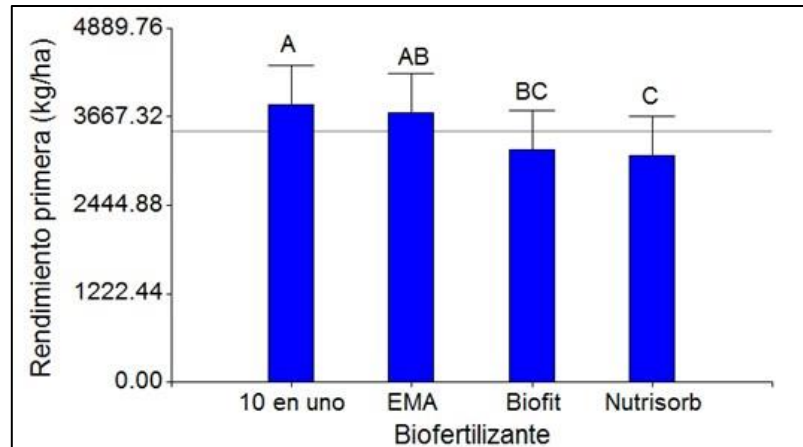
*Prueba de Tukey a los biofertilizantes respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría de primera.*

Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %	
1	10 en uno	3831.58	a	
2	EMA	3725.55	a	b
3	Biofit	3208.27	b	c
4	Nutrisorb	3133.12	c	

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 20**

*Rendimiento categoría primera (kg/ha) según biofertilizante*



La prueba de Tukey al 5 % de significancia (tabla 36 y figura 21), muestra que los promedios de la interacción de variedad por biofertilizante presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, agrupándose por ello en tres grupos de significancia (a, b y c); donde el tratamiento T7 (PMV – 581 x 10 en uno) alcanzó un mayor promedio igual

a 4285.59 kg/ha mientras que el tratamiento T2 (INIA – 601 x Nutrisorb) sólo fue de 2688.27 kg/ha.

**Tabla 36**

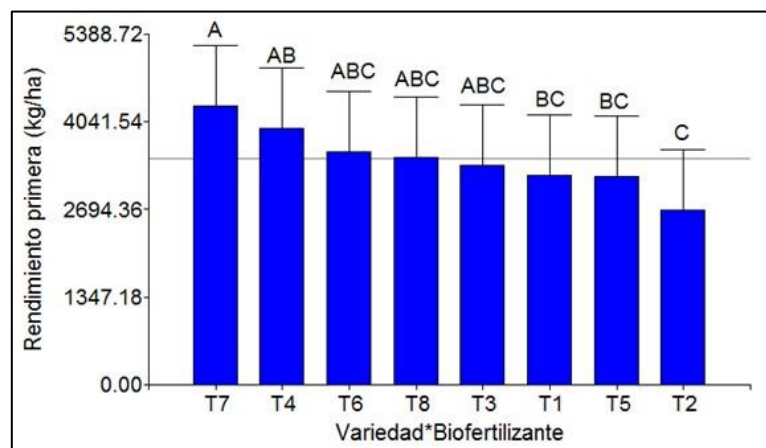
*Prueba de Tukey de la interacción de variedad por biofertilizante respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría de primera.*

Orden de mérito	Variedad x Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %		
1	T7	4285.59	a		
2	T4	3949.74	a	b	
3	T6	3577.97	a	b	c
4	T8	3501.36	a	b	c
5	T3	3377.56	a	b	c
6	T1	3216.17		b	c
7	T5	3200.36		b	c
8	T2	2688.27			c

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 21**

*Rendimiento categoría primera (kg/ha) en la interacción variedad por biofertilizante*



### C. Rendimiento de la categoría segunda

Las mazorcas de maíz que están comprendidos en la segunda categoría deben presentar una longitud entre 12 a 14 cm (Mendoza, 2017), también deben estar libre de daños por plaga, enfermedad u otros patógenos.

**Tabla 37**

*Análisis de varianza del rendimiento categoría segunda (kg/ha)*

FV	GL	SC	CM	FC	F <sub>tab</sub>		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	194694.35	97347.18	3.87	3.55	6.01	*
Tratamientos	9	5981244.84	664582.76	26.40	2.46	3.60	**
Variedades de maíz (A)	1	768477.16	768477.16	30.52	4.41	8.28	**
Biofertilizantes (B)	3	395378.26	131792.75	5.23	3.16	5.09	**
A x B	3	377641.47	125880.49	5.00	3.16	5.09	*
Con fertilizante vs sin fertilizante	1	2193423.51	2193423.51	87.12	4.41	8.28	**
Con biofertilizante vs sin biofertilizante	1	2246324.44	2246324.44	89.23	4.41	8.28	**
Error	18	453166.20	25175.90				
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>6629105.39</b>					

*Nota.* CV = 11.70 %

Asimismo, el análisis de varianza del rendimiento categoría segunda de maíz morado (tabla 37), muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de las variedades, de los biofertilizantes, del contraste entre el tratamiento con fertilizante vs sin fertilizante y para el contraste de los tratamientos con biofertilizante vs sin biofertilizante; mientras que para la interacción de variedades x biofertilizantes hubo significación sólo al 5 %; el coeficiente de variación es del 11.70 % el mismo que se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos conducidos a nivel de campo.

En la prueba de Tukey (tabla 38 y figura 22) para los promedios del rendimiento de mazorcas en la categoría de segunda se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre las dos variedades; siendo la variedad INIA – 601 el de mayor promedio para esta categoría con 1398.49 kg/ha; mientras que la variedad PMV – 581 presentó un promedio de 1040.61 kg/ha.

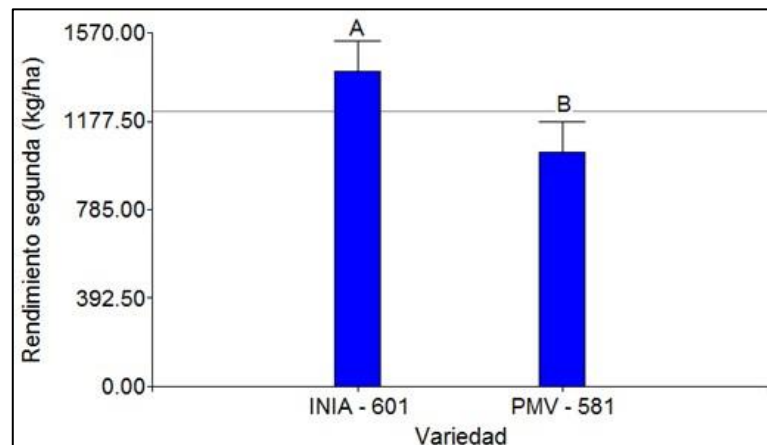
**Tabla 38**

*Prueba de Tukey a las variedades respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría segunda.*

Orden de mérito	Variedad	Media	Nivel de significancia al 5 %
1	INIA – 601	1398.49	a
2	PMV – 581	1040.61	b

**Figura 22**

*Rendimiento categoría segunda (kg/ha) según variedad*



La tabla 39 y figura 23, muestra que los promedios de los biofertilizantes con respecto al rendimiento de mazorcas en la categoría de segunda, presentan significancia estadística entre sí; donde el biofertilizante EMA (Microorganismos Eficaces Activados) presenta el



mayor promedio que es de 1427.72 kg/ha en comparación con el biofertilizante Nutrisorb que presentó un promedio de 1076.74 kg/ha.

**Tabla 39**

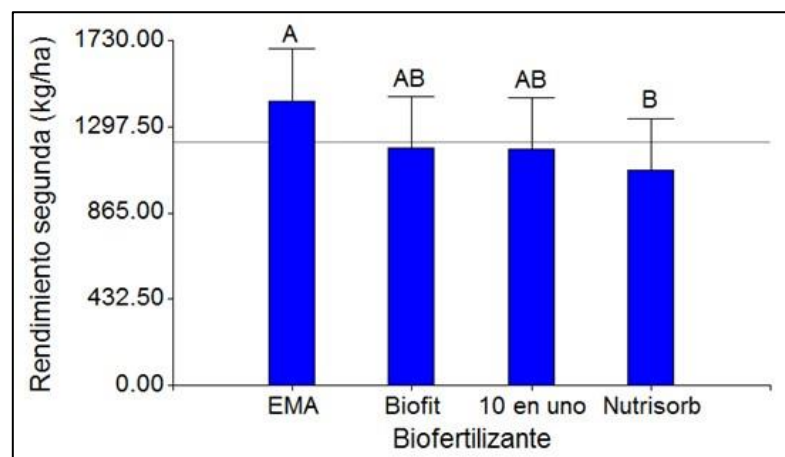
*Prueba de Tukey a los biofertilizantes respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría de segunda.*

Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %	
1	EMA	1427.72	a	
2	Biofit	1190.85	a	b
3	10 en uno	1182.90	a	b
4	Nutrisorb	1076.74	b	

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 23**

*Rendimiento categoría segunda (kg/ha) según biofertilizante*



La prueba de Tukey al 5 % de significancia (tabla 40) indica que los promedios de la interacción variedad por biofertilizante presentan diferencias estadísticas significativas entre sí con respecto al rendimiento de mazorcas en la categoría de segunda; siendo la interacción INIA – 601 + EMA (T4) con mayor promedio para esta categoría con 1783.77 kg/ha,

mientras que la interacción de PMV – 581 + Nutrisorb presentó un promedio de sólo 884.71 kg/ha.

**Tabla 40**

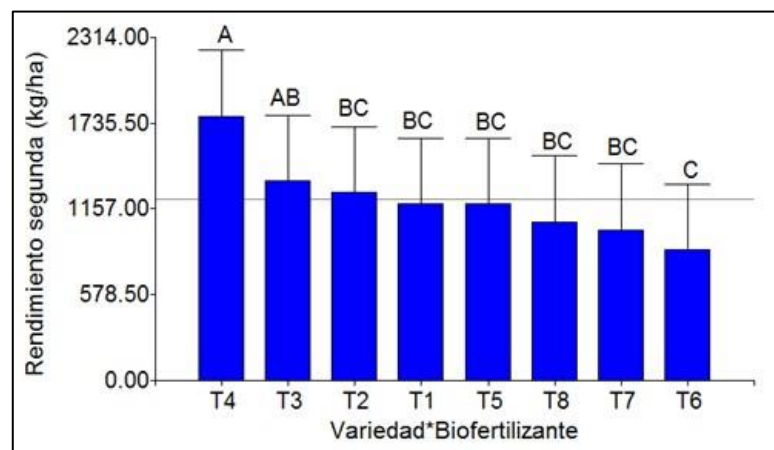
*Prueba de Tukey de la interacción variedad por biofertilizante respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría segunda.*

Orden de mérito	Variedad x Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %	
1	T4	1783.77	a	
2	T3	1348.34	a	b
3	T2	1268.76		b c
4	T1	1193.10		b c
5	T5	1188.59		b c
6	T8	1071.66		b c
7	T7	1017.47		b c
8	T6	884.71		c

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 24**

*Rendimiento categoría segunda (kg/ha) en la interacción variedad por biofertilizante*



#### D. Rendimiento de la categoría tercera

Las mazorcas de maíz morado comprendidas en la tercera categoría presentan una longitud menor a los 11 cm (Mendoza, 2017), y aquellas con algunos daños físicos (daños por aves y/o roedores).

**Tabla 41**

*Análisis de varianza del rendimiento categoría tercera (kg/ha)*

FV	GL	SC	CM	FC	F <sub>tab</sub>		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	40881.48	20440.74	1.08	3.55	6.01	n. s.
Tratamientos	9	1536875.10	170763.90	9.00	2.46	3.60	**
Variedades de maíz (A)	1	454992.75	454992.75	23.97	4.41	8.28	**
Biofertilizantes (B)	3	142498.14	47499.38	2.50	3.16	5.09	n. s.
A x B	3	65697.93	21899.31	1.15	3.16	5.09	n. s.
Con fertilizante vs sin fertilizante	1	20895.68	20895.68	1.10	4.41	8.28	n. s.
Con biofertilizante vs sin biofertilizante	1	852790.60	852790.60	44.93	4.41	8.28	**
Error	18	341628.29	18979.35				
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>1919384.87</b>					

*Nota.* CV = 14.90 %

Finalmente, en la tabla 41 del análisis de varianza para el rendimiento categoría tercera de maíz morado, observamos que para los promedios de las variedades y para el contraste entre los tratamientos con biofertilizante vs sin biofertilizante existen diferencias estadísticas altamente significativas; mientras que para los promedios de los biofertilizantes, de la interacción de variedades x biofertilizantes y para el contraste del tratamiento con fertilizante vs sin fertilizante no existen diferencias estadísticas significativas; el coeficiente de variación es de 14.90 %.

La prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5 %, representada en la tabla 42 y figura 25, muestra que los promedios de las variedades de maíz morado en relación al rendimiento en la categoría de tercera presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, donde la variedad INIA – 601 presentó un promedio de 978.05 kg/ha siendo superior en comparación con la variedad PMV – 581 que obtuvo un promedio de 702.67 kg/ha.

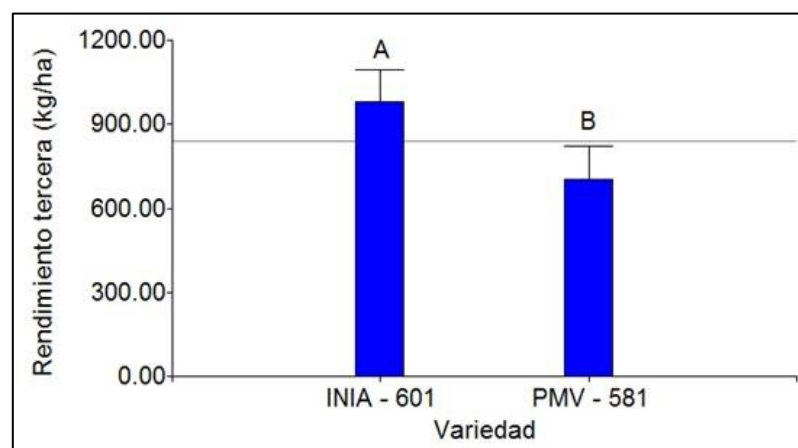
**Tabla 42**

*Prueba de Tukey a las variedades respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría de tercera.*

Orden de mérito	Variedad	Media	Nivel de significancia al 5 %
1	INIA - 601	978.05	a
2	PMV - 581	702.67	b

**Figura 25**

*Rendimiento categoría tercera (kg/ha) según variedad*



En la prueba de Tukey (tabla 43 y figura 26) se observa diferencias estadísticas significativas entre sí con respecto al rendimiento de mazorcas en la categoría de tercera; donde se tiene al tratamiento T8 (PMV – 581 +

EMA) con el menor promedio (666.88 kg/ha), mientras que el tratamiento T1 (INIA – 601 + Biofit) presentó un promedio de 1109.04 kg/ha, siendo el más alto en la presente categoría.

**Tabla 43**

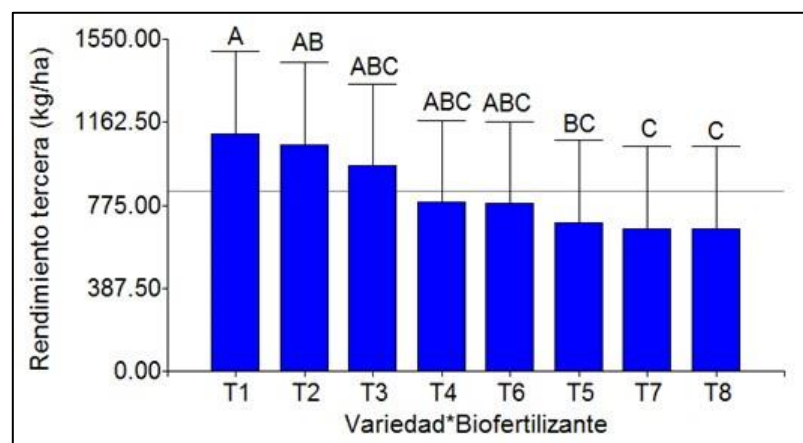
*Prueba de Tukey de la interacción variedad por biofertilizante respecto al rendimiento (kg/ha) en la categoría de tercera.*

Orden de mérito	Variedad x Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %		
1	T1	1109.04	a		
2	T2	1058.05	a	b	
3	T3	957.73	a	b	c
4	T4	787.37	a	b	c
5	T6	782.94	a	b	c
6	T5	693.75		b	c
7	T7	667.11			c
8	T8	666.88			c

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 26**

*Rendimiento categoría tercera (kg/ha) de la interacción variedad por biofertilizante*



### Días a la cosecha.

Se registraron el número de días transcurridos desde la siembra hasta la madurez fisiológica de las plantas, los datos registrados se encuentran en la parte de anexos.

**Tabla 44**

*Análisis de varianza de los días a la cosecha*

FV	GL	SC	CM	FC	F <sub>tab</sub>		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	5.00	2.50	4.09	3.55	6.01	*
Tratamientos	9	207.50	23.06	37.73	2.46	3.60	**
Variedades de Maíz (A)	1	150.00	150.00	245.45	4.41	8.28	**
Biofertilizantes (B)	3	9.50	3.17	5.18	3.16	5.09	**
A x B	3	3.00	1.00	1.64	3.16	5.09	n. s.
Con fertilizante vs sin fertilizante	1	4.17	4.17	6.82	4.41	8.28	*
Con biofertilizante vs sin biofertilizante	1	40.83	40.83	66.82	4.41	8.28	**
Error	18	11.00	0.61				
<b>Total</b>	29	223.50					

*Nota.* CV = 0.59 %

El cuadro de análisis de varianza (tabla 44) muestra que existe diferencias estadísticas significativas para el contraste del tratamiento con fertilizante vs sin fertilizante; además existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de las variedades de maíz morado, así como también entre los promedios de los biofertilizantes y del contraste de los tratamientos con biofertilizantes vs sin biofertilizantes; asimismo podemos observar que no existe significación en la interacción de variedades x biofertilizantes. El coeficiente de variación es de 0.59 %.

La no significación de la interacción variedades x biofertilizantes indica que ambos factores son independientes con respecto a los días a la cosecha.

La prueba de Tukey (tabla 45 y figura 27) muestra que existen diferencias estadísticas significativas entre los promedios de las dos variedades de maíz morado en estudio con respecto a los días a la cosecha; siendo la variedad INIA – 601 la que presentó menor días a la cosecha con un promedio de 131.58 días, mientras que la variedad PMV – 581 es de 136.58 días.

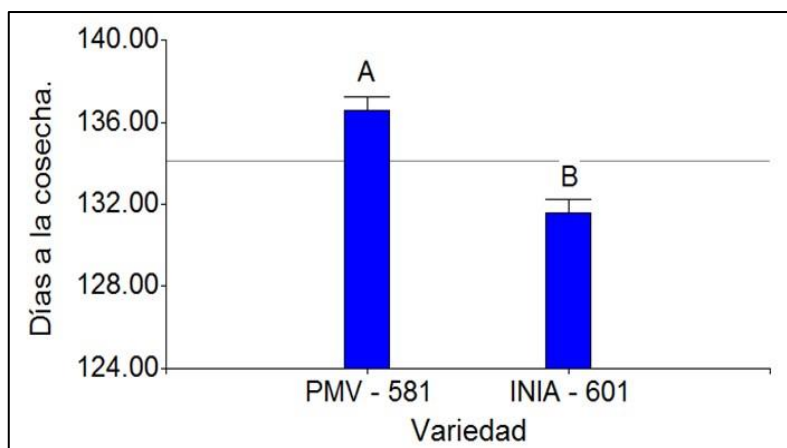
**Tabla 45**

*Prueba de Tukey a las variedades respecto a los días a la cosecha.*

Orden de mérito	Variedad	Media	Nivel de significancia al 5 %
1	PMV - 581	136.58	a
2	INIA – 601	131.58	b

**Figura 27**

*Días a la cosecha según variedad*



Asimismo, la prueba de Tukey (tabla 46 y figura 28), indican diferencias estadísticas significativas con respecto a los días a la cosecha; donde las plantas aplicadas con Biofit independientemente de la variedad presentaron una madurez

fisiológica a los 133.00 días; mientras que con los biofertilizantes EMA, 10 en uno y Nutrisorb fueron a los 134.50; 134.50 y 134.33 días respectivamente.

**Tabla 46**

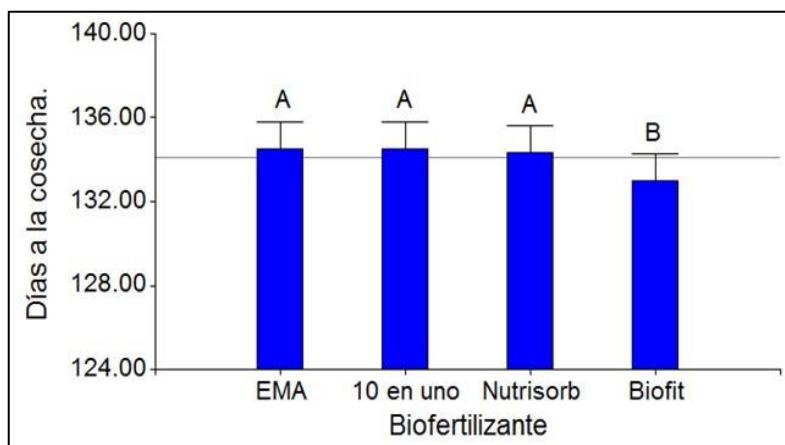
*Prueba de Tukey a los biofertilizantes respecto a los días a la cosecha.*

Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %
1	EMA	134.50	a
2	10 en uno	134.50	a
3	Nutrisorb	134.33	a
4	Biofit	133.00	b

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 28**

*Días a la cosecha según biofertilizantes*



Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los promedios de la interacción de variedad por biofertilizante al realizarse la prueba de Tukey; donde los promedios están comprendidos entre los 137.33 días correspondiente al tratamiento T7 (PMV – 581 + 10 en uno) y los 130.67 días del tratamiento T1 (INIA – 601 + Biofit); como se muestran en la tabla 47 y figura 29.



**Tabla 47**

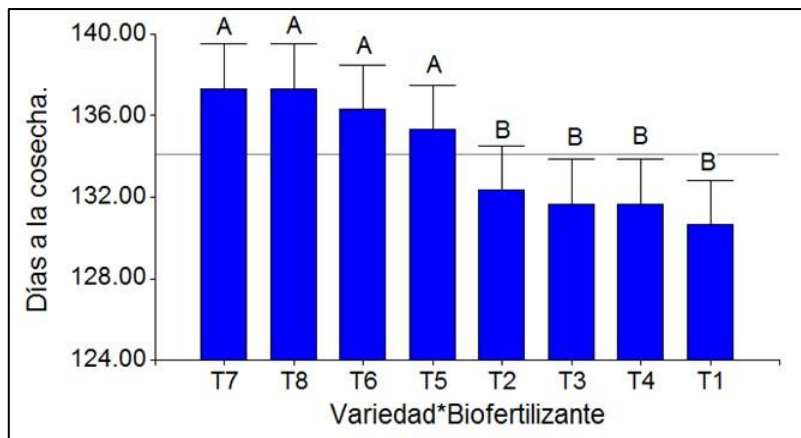
*Prueba de Tukey de la interacción de variedad por biofertilizante respecto a los días a la cosecha.*

Orden de mérito	Variedad x Biofertilizante	Media	Nivel de significancia al 5 %
1	T7	137.33	a
2	T8	137.33	a
3	T6	136.33	a
4	T5	135.33	a
5	T2	132.33	b
6	T3	131.67	b
7	T4	131.67	b
	T1	130.67	b

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 29**

*Días a la cosecha según interacción de variedad por biofertilizante*



### Número de hileras de grano por mazorca.

Se evaluó el número de hileras de grano de 10 mazorcas tomadas al azar, iniciando el conteo a partir centro de la mazorca; lo datos registrados se encuentran en la parte de anexos.

**Tabla 48***Análisis de varianza del número de hileras de grano por mazorca*

FV	GL	SC	CM	FC	Ftab		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	0.113	0.07	0.36	3.55	6.01	n. s.
Tratamientos	9	2.11	0.23	1.30	2.46	3.60	n. s.
Variedades de maíz (A)	1	0.20	0.20	1.12	4.41	8.28	n. s.
Biofertilizantes (B)	3	1.10	0.37	2.04	3.16	5.09	n. s.
A x B	3	0.55	0.18	1.01	3.16	5.09	n. s.
Con fertilizante vs sin fertilizante	1	0.03	0.03	0.15	4.41	8.28	n. s.
Con biofertilizante vs sin biofertilizante	1	0.23	0.23	1.25	4.41	8.28	n. s.
Error	18	3.24	0.18				
<b>Total</b>	29	5.48					

Nota. CV = 4.33 %

La F tabular al 5 y 1 % del cuadro de análisis de varianza (tabla 48) muestra que no hubo significación para todas las fuentes de variación con respecto al número de hileras de grano por mazorca, el coeficiente de variación es de 4.33 %.

### **Número de granos por hilera.**

Se evaluó en 10 mazorcas, y de cada mazorca se registraron el número de granos de dos hileras para luego promediarlas, los datos registrados se encuentran en la parte de anexos.

**Tabla 49**

*Análisis de varianza del número de granos por hilera*

FV	GL	SC	CM	FC	Ftab		Sign.
					0.05	0.01	
Bloques	2	27.86	13.93	9.45	3.55	6.01	**
Tratamientos	9	50.60	5.62	3.81	2.46	3.60	**
Variedades de maíz (A)	1	2.07	2.07	1.40	4.41	8.28	n. s.
Biofertilizantes (B)	3	14.48	4.83	3.27	3.16	5.09	*
A x B	3	6.90	2.30	1.56	3.16	5.09	n. s.
Con fertilizante vs sin fertilizante	1	1.98	1.98	1.35	4.41	8.28	n. s.
Con biofertilizante vs sin biofertilizante	1	25.16	25.16	17.07	4.41	8.28	**
Error	18	26.53	1.47				
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>104.99</b>					

*Nota.* CV = 4.80 %

En la tabla 49 del análisis de varianza en relación al número de granos por hilera podemos observar que no hay diferencias estadísticas significativas entre los promedios de las variedades de maíz morado, en la interacción variedades x biofertilizantes, y del contraste del tratamiento con fertilizante vs sin fertilizante; pero si se muestran diferencias significativas para los biofertilizantes y existe diferencias estadísticas altamente significativas para el contraste de los tratamientos con biofertilizantes vs sin biofertilizantes, el coeficiente de variación es de 4.80 %, la misma que se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos conducido a nivel de campo.

La prueba de Tukey (tabla 50 y figura 30) indica que los promedios del número de granos por hilera según los biofertilizantes están agrupados en dos grupos de significancia (a y b), donde el biofertilizante 10 en uno, con un promedio de 26.83 granos es significativo en comparación con el promedio del biofertilizante Nutrisorb que es de 24.70 granos por hilera, asimismo, debemos mencionar que los promedios que se encuentran representados con una misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí.

**Tabla 50**

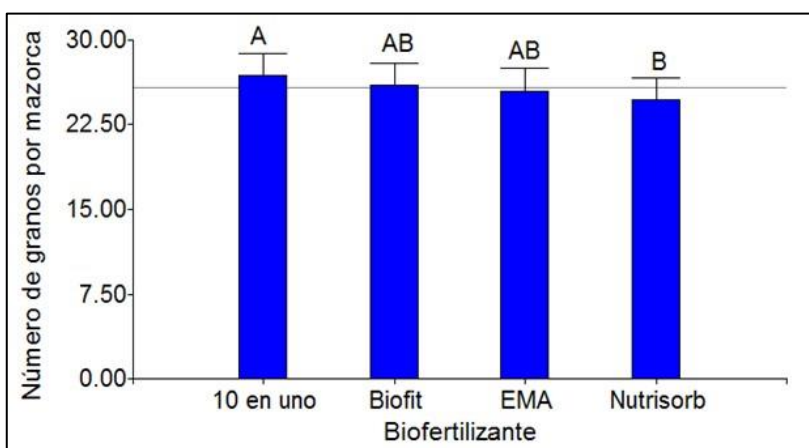
*Prueba de Tukey a los biofertilizantes respecto al número de granos por hilera.*

Orden de mérito	Biofertilizantes	Media	Nivel de significancia al 5 %	
1	10 en uno	26.83	a	
2	Biofit	26.03	a	b
3	EMA	25.50	a	b
4	Nutrisorb	24.70	b	

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figura 30**

*Número de granos por hilera según biofertilizantes*



### 4.1.3 Rentabilidad económica

Para el análisis de la rentabilidad se tuvo en cuenta: los costos de producción, el rendimiento (kg/ha) obtenido por cada uno de los tratamientos en estudio, el precio de venta según categoría comercial que para la presente campaña fue de S/ 1.70 para la categoría de primera, S/ 0.80 para la categoría de segunda y de S/ 0.40 para la categoría de tercera.

La tabla 51, de análisis de rentabilidad para el cultivo de maíz morado, observamos que el tratamiento T7 (PMV – 581 + 10 en uno) tiene un volumen total de producción igual a 5970.17 kg/ha, con un costo de producción por hectárea de S/ 5805.30

soles; siendo la utilidad de S/ 2561.02, lo que representa una rentabilidad del 44.12 %; asimismo el tratamiento T4 (INIA 601 + EMA) tiene un volumen de producción igual a 6520.88 kg/ha, el costo de producción es de S/ 5871.90 soles; con una utilidad de S/ 2584.62, siendo la rentabilidad del 44.02 %; de la misma forma el tratamiento testigo T9 (sangre de toro + fertilizante) tiene una producción de 8049.92 kg/ha, su costo de producción es de S/ 6981.46 soles; la utilidad obtenida es S/ 2882.26, lo que significa una rentabilidad del 41.28 %; siendo estos tres tratamientos con mayores porcentajes de rentabilidad, mientras que el tratamiento testigo T10 (sangre de toro sin fertilizante) es el de menor rentabilidad (-18.63 %) en el presente experimento.

**Tabla 51**

*Análisis de rentabilidad para el “Efecto de cuatro biofertilizantes en el suelo y rendimiento de dos variedades de maíz morado en condiciones de Ambo – Huánuco”.*

Trat.	Costo de producción S/ / ha	Rendimiento Kg/ha			Valor de venta total S/	Utilidad S/	Rentabilidad %
		1era.	2da.	3era.			
T1	6067.97	3216.17	1193.10	1109.04	6865.59	797.62	13.14
T2	5857.72	2688.27	1268.76	1058.05	6008.28	150.56	2.57
T3	5722.05	3377.56	1348.34	957.73	7203.62	1481.57	25.89
T4	5871.90	3949.74	1783.77	787.37	8456.52	2584.62	44.02
T5	6151.22	3200.36	1188.59	693.75	6669.00	517.77	8.42
T6	5940.97	3577.97	884.71	782.94	7103.49	1162.52	19.57
T7	5805.30	4285.59	1017.47	667.11	8366.32	2561.02	44.12
T8	5955.15	3501.36	1071.66	666.88	7076.39	1121.24	18.83
T9	6981.46	4338.80	2508.27	1202.85	9863.72	2882.26	41.28
T10	5563.88	1741.18	1299.02	1320.88	4527.57	-1036.30	-18.63

## 4.2 **Discusión**

### 4.2.1 **De las características químicas y biológicas del suelo**

#### **pH**

Los resultados obtenidos muestran que la aplicación de los biofertilizantes influye de manera positiva en el cambio del pH del suelo acercándolo a la neutralidad (pH 7.0) a diferencia del uso de los fertilizantes inorgánicos; esto podemos atribuir a que los biofertilizantes presentan un complejo de bacterias benéficas y cuyos metabolitos mejoran el pH de los suelos. Según Cotrina (2019), el uso del abono orgánico Bocashi produjo un cambio notable en el pH del suelo agrícola, elevándolo a 5.69, mientras que el tratamiento sin abono registró un pH de 4.83, indicando una acidez mucho más alta. Mulyani et al. (2017) señalan que la aplicación de biofertilizantes afectó significativamente el pH del suelo, junto con otras propiedades químicas. Orozco et al. (2016) también observaron diferencias notables en el pH del suelo al combinar biofertilización y fertilización química (T1), elevándolo de 6.50 al inicio a 7.17 al final del ciclo de cultivo, en comparación con el tratamiento solo de fertilización química (T2), que disminuyó de 6.50 a 5.27 al final del ciclo.

#### **Materia orgánica**

La materia orgánica de los suelos se ha incrementado al final de la cosecha con la aplicación de los biofertilizantes entre 13 % (con el 10 en uno) y 14.41 % (con el Biofit) en comparación con el análisis inicial; reflejando la capacidad de mineralización de la materia orgánica mediante los microorganismos contenidos en los biofertilizantes tanto sólidos como líquidos que fueron empleados en la presente investigación. Los hallazgos respaldan lo indicado por Pedraza et al. (2021), quienes atribuyen la restauración del equilibrio natural de nutrientes y la generación de materia orgánica en el suelo a los microorganismos benéficos presentes en los biofertilizantes. Cotrina (2019) observó incrementos significativos del 58.4%, 54%, y 53.6% en materia orgánica al utilizar bocashi, compost y gallinaza respectivamente, en comparación con el tratamiento control. Orozco et al. (2016) también registraron un aumento del 24.41% en materia

orgánica al combinar biofertilizante con fertilización química (T1), mientras que el uso exclusivo de fertilización química (T2) resultó en una ligera disminución.

### **Fósforo disponible (de qui en adelante revisar)**

Los contenidos altos de fósforo obtenidos con el tratamiento que incluyó la adición de fertilizantes se deben a que el fósforo se encuentra en forma disponible, con un alto porcentaje de solubilidad en agua; por otra parte, los efectos positivos de las bacterias promotoras de crecimiento contenidos en los biofertilizantes han permitido también incrementar de manera significativa la disponibilidad del fósforo mediante su solubilización en relación a la evaluación inicial. Sharma et al. (2022) encuentran que el uso de diferentes niveles de torta de neem y biofertilizante afectó el contenido de fósforo en el suelo. A una profundidad de 0-15 cm, el 100% de la torta de neem y el biofertilizante dieron como resultado 30,72 kg/ha de fósforo. A una profundidad de 15 a 30 cm, el contenido de fósforo disminuyó a 28,35 kg/ha con el mismo tratamiento. Orozco et al. (2016) también informaron un incremento del 103.21% en el fósforo soluble en el suelo con la combinación de biofertilizantes, fertilizantes químicos y lombricomposta.

### **Potasio disponible**

Los resultados evidencian que el potasio en los suelos fue mayor con la aplicación de los fertilizantes inorgánicos, debido eventualmente a la alta solubilidad del cloruro de potasio (fertilizante usado como fuente del potasio), asimismo el incremento del potasio en el suelo con el uso de los biofertilizantes se debe a que las bacterias promotoras de crecimiento contenidas son también solubilizadoras de potasio. Al respecto Orozco et al. (2016) encontraron un aumento de potasio en el suelo con fertilizantes químicos y una disminución de potasio con biofertilizantes y fertilización química. Sharma et al. (2022) descubrieron diferentes contenidos de potasio con la torta de neem y el biofertilizante a diferentes profundidades: 232,55 kg/ha a 0-15 cm y 196,10 kg/ha a 15-30 cm.

### **Capacidad de intercambio catiónico**

Los resultados obtenidos en la capacidad de intercambio catiónico presentan similitud con los publicados por Tangara (2010), quien sostiene que tanto los fertilizantes orgánicos como inorgánicos no influyen significativamente en el incremento de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) debido a la meteorización y aportes de materia orgánica. Contrariamente, Orozco et al. (2016) observaron un aumento del 83.05% en la CIC al usar biofertilizantes junto con fertilización (T1), mientras que la fertilización química sola (T2) resultó en una disminución de la CIC en los suelos respecto al estado inicial.

### **Cuantificación de bacterias nitrificantes**

Respecto a la cuantificación de bacterias nitrificantes los biofertilizantes utilizados tienen la capacidad de enriquecer la microbiología de los suelos mediante actividades bioquímicas y la colonización de la zona rizosférica de las plantas. Los resultados son similares a los de Escoto (2014), quien observó que los suelos tratados con lombrihumus tenían una mayor cantidad significativa de UFC ( $13.4 \times 10^5$ ) de bacterias nitrificantes, comparable estadísticamente con tratamientos que empleaban *Glomus intraradices*, BioNitro®, NutriHumus 90®, y drenados de lombrihumus al suelo. Además, Vergara (2013) encontró la población más alta de bacterias nitrificantes (55236 UFC/g suelo seco) con abonos verdes, mientras que Gallego (2012) destacó que la combinación de Abonos Verdes + Compost produjo las mayores poblaciones totales de bacterias nitrificantes. Por otro lado, Ouyang y Norton (2020) indican que, tras cuatro años de aplicaciones repetidas de fertilizantes amónicos, las poblaciones de AOB (bacterias oxidantes del amoniaco) y *Nitrospira* se ven significativamente alteradas, en contraste con el uso de abonos orgánicos.

### **Cuantificación de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre**

Los resultados también muestran que los biofertilizantes son una alternativa que debemos considerar para poder reducir y/o sustituir la fertilización inorgánica o química el cual permitirá tener una agricultura sostenible en el tiempo, al respecto Orozco et al. (2016) hallaron un aumento significativo de bacterias fijadoras de nitrógeno al usar biofertilizantes y fertilización química



(T1), con  $6.0 \times 10^7$  UFC/g suelo, frente a  $0.79 \times 10^6$  UFC/g inicialmente. Solo fertilización química (T2) mostró un descenso final, promediando  $0.63 \times 10^6$  UFC/g suelo. Ayala (2015) también registró un incremento en bacterias fijadoras de nitrógeno con diferentes tratamientos (B.Lac®, Shi1, Shi2, y control), destacando B.Lac® con 1.1 Log UFC/g suelo, mientras Shi2 fue el menor, con 0.9 Log UFC/g suelo, particularmente en suelos identificados como Pijuayal.

### **Biomasa microbiana**

En relación a la biomasa microbiana podemos decir que los biofertilizantes (líquidos y sólidos) son una alternativa para un manejo productivo, económicamente viable y sustentable de los sistemas agrícolas, por tener un efecto positivo en el suelo; coincidiendo con lo publicado por Ayala (2015) confirmando diferencias significativas entre tratamientos, destacando el biofertilizante Shi2 por su alta biomasa microbiana, y B.Lac® por su incremento en respiración y poblaciones bacterianas. Orozco et al. (2016) subrayan un aumento del 113.99 % en la biomasa microbiana con la combinación de biofertilizantes y fertilización química (T1), en contraste con la fertilización química sola (T2). Estos hallazgos respaldan la eficacia y potencial de los biofertilizantes en la mejora de la salud del suelo y la productividad agrícola.

#### **4.2.2 De los componentes de rendimiento**

##### **Altura de planta (cm)**

Los resultados indican que las variedades de maíz, mantienen sus características morfológicas al margen del biofertilizante utilizado; a diferencia de los resultados de Oyola y Jayo (2018), quienes observaron variaciones notables en las alturas de las plantas al usar cuatro productos trihormonales en la variedad Canteño en el valle de Ica. Los productos Stimulate (2.0 L/ha), Biozyme (2.0 L/ha), Triggrr Foliar (2.0 L/ha) y Phyllum (2.0 L/ha) produjeron alturas de 2.59 m, 2.54 m, 2.48 m y 2.42 m, respectivamente, en comparación con el tratamiento sin aplicación foliar que alcanzó 2.29 m. Además, Ubilla (2017) encontró diferencias significativas al aplicar abonos foliares de algas marinas. El tratamiento más alto fue Basfoliar algae (1.5 l/ha) con 2.35 m, mientras que el

tratamiento testigo registró 2.09 m y el menor fue Agrostemín (200 g/ha) con 2.04 m.

### **Longitud de mazorca (cm)**

Resultados similares encontraron Oyola y Jayo (2018) al emplear productos trihormonales en la variedad Canteño del Valle de Ica, se obtuvo una longitud de mazorca superior con Stimulate a 2.0 L/ha. Carbonelli (2020) observó un incremento significativo en la longitud de las mazorcas con dosis más altas de EM1, donde 6 litros produjeron las mazorcas más largas. Mercado (2022) notó que la utilización de extractos de algas marinas en el maíz morado afectaba considerablemente la longitud de las mazorcas, siendo el tratamiento T3 el que presentó la longitud promedio más extensa. Ubilla (2017) resaltó la influencia directa de los fertilizantes foliares a base de algas marinas en la longitud de las mazorcas, y la aplicación de algas basfoliares generó mazorcas más largas en comparación con el tratamiento de control.

### **Diámetro de mazorca (cm)**

El diámetro de mazorca de las variedades de maíz morado es una de las características morfológicas que se mantienen de manera independiente a la aplicación de los biofertilizantes. Oyola y Jayo (2018) hallaron valores similares con la prueba de Duncan, que no mostraron diferencias significativas en los promedios de cinco tratamientos, que van desde 5,31 cm en el tratamiento T2 hasta 4,58 cm en el tratamiento de control (T0). Mercado (2022) encontró diferencias significativas en el diámetro promedio, siendo el tratamiento con la T3 de 5,15 cm notablemente diferente del tratamiento de control con 4,57 cm. Ubilla (2017) encontró significación en los promedios del diámetro de las orejas: el tratamiento con la T4 a 5,6 cm y el tratamiento con T1 a 5,4 cm fueron estadísticamente iguales, ambos superiores a los de otros tratamientos, que oscilaron entre 4,8 cm (control) y 5,2 cm (T2 y T5).

### **Número de mazorcas/planta**

Resultados similares reporta Carbonelli (2020) quien observó que el aumento de las dosis de EM afecta al número de mazorcas por planta, ya que el tratamiento T3 tiene 2,2 mazorcas por planta, significativamente más que el

tratamiento de control. En los tratamientos T1 y T2 se obtuvieron 1,7 mazorcas por planta. Farfán (2021) observó diferencias significativas entre los tratamientos: el T3 tuvo 1,28 mazorcas por planta, significativamente más que el tratamiento de control T7, con 1,01 mazorcas por planta.

### **Peso de mazorca (g);**

Respecto al peso de mazorca Mercado (2022) menciona que el uso de una combinación de macerado de *Ascophyllum nodosum* y decocción de *Ascophyllum nodosum* (tratamiento T3) dio como resultado mazorcas con un peso promedio de 210,91 gramos, lo que difiere significativamente de otros tratamientos con extractos de algas marinas y del control. Farfán (2021) también encontró diferencias significativas, ya que el tratamiento con T3 arrojó 162,42 gramos/mazorca, más que los 64,54 gramos del grupo de control. Ubilla (2017) informó que pesaba aún más cuando utilizaba algas basfoliares, ya que las mazorcas pesaban 275 gramos, una cantidad estadísticamente superior a la de otros tratamientos y a los 200,1 gramos del grupo de control.

### **Rendimiento total**

Al respecto Carbonelli (2020) encontró diferencias de rendimiento significativas con los microorganismos eficientes en dosis de 1, 3 y 6 l/ha, el rendimiento más alto fue de 6,53 t/ha con 6 l/ha de EM1. Oyola y Jayo (2018) encontraron rendimientos variados con los productos trihormonales; el tratamiento de control arrojó 4339 kg/ha y el Stimulate 2.0 L/ha arrojó 5220 kg/ha. Mercado (2022) registró un aumento de los rendimientos con extractos de algas marinas, pasando de 11625 kg/ha con el tratamiento de control a 21125 kg/ha con la aplicación del macerado de *Ascophyllum nodosum*.

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

Según Lopez (2019), las densidades de siembra difieren estadísticamente, siendo D3 (80000 pl/ha) la más productiva con 7147 kg/ha, seguida por D2 (70000 pl/ha) con 6027 kg/ha, y D1 (60000 pl/ha) con 5625 kg/ha. La aplicación de fósforo en la fase de crecimiento lento (45 DDE) generó el mayor promedio de 6489 kg/ha, significativamente superior a otros momentos de aplicación. Sin embargo, la aplicación desde la emergencia hasta la formación de grano pastoso

(109 DDE) solo produjo 6089 kg/ha. En contraste, Aguirre (2016) no encontró relevancia estadística en la fertilización nitrogenada ni en la aplicación de ácidos húmicos. Los mayores rendimientos fueron 3736.7 kg/ha en el nivel AH<sub>2</sub> y 4130.2 kg/ha en el nivel de N<sub>2</sub> (120 Kg/Ha), mientras que los testigos registraron 3541.3 kg/ha y 3304 kg/ha respectivamente.

### **Rendimiento de la categoría segunda**

Los resultados del rendimiento en la categoría de segunda mostraron diferencias significativas donde el tratamiento T4 tiene el promedio más alto con 1783.77 kg/ha, y el tratamiento T6 el más bajo con 884.71 kg/ha. Estos resultados coinciden con los registrados por Lopez (2019) quien informó de diferencias estadísticas en las densidades de plantación: D3 tuvo el valor más alto con 1838 kg/ha, seguido de D2 con 1588 kg/ha y D1 con 1471 kg/ha. Aguirre (2016) no encontró diferencias estadísticas en el rendimiento del maíz morado cv. Prosemillas con ácidos húmicos y fertilización nitrogenada.

### **Rendimiento de la categoría tercera**

El tratamiento T8 muestra el menor promedio (666.88 kg/ha), mientras que T1 alcanza el más alto (1109.04 kg/ha) en la categoría de tercera. En comparación, Aguirre (2016) no halló diferencias estadísticas con la aplicación de ácidos húmicos y diferentes niveles de fertilización, donde los rendimientos variaron entre 321.4 kg/ha y 464.7 kg/ha para ácidos húmicos, y entre 372.9 kg/ha y 418.7 kg/ha para niveles de fertilización nitrogenada. Lopez (2019) encontró que las diferentes densidades de siembra y momentos de aplicación de fósforo afectaron el rendimiento de tercera y/o descarte. D3 obtuvo el mayor valor (394 kg/ha), seguido por D2 (319 kg/ha) y D1 (295 kg/ha).

### **Días a la cosecha**

Los días a la cosecha en la presente investigación fueron de 136.58 días para la variedad PMV – 581 y de 131.58 días para la variedad INIA – 601, siendo estadísticamente significativos entre sí. Al respecto Ramirez (2020) encontró diferencias en los valores de los genotipos bajo riego, donde los genotipos Canteño, MMM y UNC-47 necesitaron 164,67 días, mientras que INIA-601, PM-581 e INIA-615 necesitaron menos tiempo. Oré (2015) estudió la fertilización con

potasio en maíz morado bajo riego por goteo, y observó la madurez fisiológica a los 128 días. P. Torres (2018) observó la madurez fisiológica del INIA 615 — Negro Canaan a los 120 días, completándose a los 150 días.

### **Número de hileras de grano por mazorca**

El número promedio de hileras de grano por mazorca son similares en las dos variedades de maíz morado independientemente de la aplicación de biofertilizantes; por tanto, es un carácter intrínseco del cultivo no modificable por los factores externos o del medio ambiente. Resultados similares fueron obtenidos por Breña (2023) quien encontró que el tratamiento T5 (2500 c.c. de biozyme/ha) generó el mayor número de hileras por mazorca, con un promedio de 11.97, significativamente superior al control T1 (sin aplicación), que alcanzó 8.7 hileras/mazorca. Ubilla, utilizando Basfolair algae a 1.5 l/ha, logró un promedio de 15.8 hileras/mazorca, significativamente superior al testigo sin fertilización foliar con 14.2 hileras/mazorca. Gonzales (2010) también encontró significancia; T4 lideró con 13.83 hileras/mazorca, sin diferencias significativas excepto en los tratamientos testigo T10 y T11.

### **Número de granos por hilera**

Según Gonzales (2010), la aplicación de 1.50 L/ha de Evergreen, fraccionado en 25% y 75%, lideró con 35.60 granos/hilera, no mostrando diferencia estadística con otros tratamientos, incluido el control fertilizado con 33.23 granos/hilera. Sin embargo, se diferenció significativamente del control absoluto con 29.97 granos/hilera. Tadeo et al. (2017) hallaron promedios de 31 granos/hilera en tratamientos con y sin biofertilizantes, siendo estadísticamente similares en cinco híbridos de maíz en cuatro ambientes. J. A. Torres et al. (2018) encontraron valores significativos para el número de granos/hilera en maíz blanco var. Chuco (35.65-38.90) y var. Cariaco (39.50-42.20) con el tratamiento QuitoMax mostrando diferencias significativas.

#### **4.2.3 Rentabilidad económica**

Los resultados obtenidos nos permiten afirmar que el uso de biofertilizantes en el cultivo de maíz morado incrementa su rentabilidad en comparación con el uso de fertilizantes; asimismo la rentabilidad es mucho mayor



en relación a la producción sin el empleo de los mismos. Ubilla (2017) obtuvo resultados similares al aplicar 1.5 l/ha de Basfoliar en maíz, incrementando el beneficio económico en un 42% en comparación con otros tratamientos; diferentes dosis mostraron variabilidad en efectos, sin diferencias significativas respecto al control en dosis más bajas. Oyola y Jayo (2018) destacaron que Stimulate a 2.0 L/ha (T2) generó mayor rentabilidad, produciendo 5220 kg/ha con un ingreso neto de 4660 soles y una relación beneficio-costos de 0.80; en contraste, el control sin aplicación foliar tuvo menor beneficio. Según Farfán (2021), la combinación más rentable para el maíz morado es el 25% de estiércol de cuy y el 75% de NPK (T3), con una relación beneficio-costos (B/C) de 1.9, mientras que el T2 muestra una B/C de 1.7. superando al testigo (0.6) y a otras combinaciones.

## CONCLUSIONES

- PRIMERO:** La aplicación de los biofertilizantes tuvo un efecto positivo sobre el pH, materia orgánica, fósforo y potasio disponibles en el suelo al momento de la cosecha en comparación a la evaluación inicial; pero para la capacidad de intercambio catiónico no se encontraron variaciones significativas. Del mismo modo, las características biológicas del suelo, como la cuantificación de bacterias nitrificantes, las bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre y la biomasa microbiana, presentaron un efecto positivo con relación a la evaluación inicial.
- SEGUNDO:** El tratamiento T4 (INIA 601 + EMA) dio como resultado, los valores más altos en cuanto al rendimiento del maíz morado (6520.88 kg/ha) teniendo en cuenta las tres categorías comerciales. Independientemente de la variedad de maíz morado (INIA 601 o PMV - 581) el EMA también presentó resultados significativos. Los otros componentes de rendimiento del cultivo de maíz también se vieron influenciados positivamente con la aplicación de los biofertilizantes.
- TERCERO:** Desde el punto de vista económico, con la aplicación de biofertilizantes también se obtuvieron los mayores porcentajes de rentabilidad, siendo los tratamientos T7 (PMV - 581 + 10 en uno) y T4 (INIA 601 + EMA) los más rentables, así como el tratamiento testigo 1 (T9 = sangre de toro + fertilizante).



## RECOMENDACIONES

- PRIMERO:** Evaluar el efecto de la aplicación combinada de biofertilizantes y fertilización química sobre las propiedades químicas y biológicas del suelo.
- SEGUNDO:** Calcular los rendimientos de maíz morado a partir de la aplicación combinada de biofertilizantes y fertilización química en las zonas de mayor producción de la región de Huánuco.
- TERCERO:** Realizar estudios de rentabilidad con aplicaciones combinadas de biofertilizantes y fertilización química en las zonas de mayor producción de maíz morado de la región de Huánuco.



## BIBLIOGRAFÍA

- Abascal, G. A. (2018). *Efecto de los ácidos carboxílicos como acondicionador de suelo Promesol® 5X y bioestimulante radicular Nutrisorb® L y micorriza Mycoral R en el suelo y la variedad de frijol Amadeus 77* [Tesis Doctoral, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6317>
- Adoko, M. Y., Noumavo, A. D. P., Agbodjato, N. A., Amogou, O., Salami, H. A., Aguégué, R. M., Adjovi Ahoyo, N., Adjanohoun, A., y Baba-Moussa, L. (2022). Effect of the application or coating of PGPR-based biostimulant on the growth, yield and nutritional status of maize in Benin. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1064710>
- Agraria.pe. (2019). *Azúcar, maíz, trigo, arroz y papa son los cultivos de mayor producción en el mundo*. <https://agraria.pe/noticias/azucar-maiz-trigo-arroz-y-papa-son-los-cultivos-de-mayor-pro-20241>
- Aguado, G. A., Rascón, Q., y Luna, A. (2012). Impacto económico y ambiental del empleo de fertilizantes químicos. En G. A. Aguado-Santacruz (Ed.), *Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura* (pp. 1-19). INIFAP/SAGARPA.
- Aguilar, C., Escalante, J. A. S., Aguilar, I., Mejia, J. A., Conde, V. F., y Trinidad, A. (2015). Rendimiento y rentabilidad de maíz en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno, en clima cálido. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 18(2), 151-163. <https://doi.org/10.56369/tsaes.1953>
- Aguilar, C., Escalante, J. A. S., Aguilar, I., y Rojas, N. J. (2022). Rentabilidad y rendimiento de tres genotipos de maíz en respuesta al biofertilizante y nitrógeno, en clima templado. *Biotechnia*, XXIV(2), 77-83. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v24i2.1603>
- Aguirre, E. B. (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>

- Akpodé, C., Assogba, S. A., Hoteyi, S. M. I., Aguégué, M. R., Agbodjato, N. A., Adoko, M. Y., Amogou, O., Adjanohoun, A., y Baba-Moussa, L. (2023). Use of the biostimulant based on the mycorrhizae consortium of the Glomeraceae family in the field to improve the production and nutritional status of maize (*Zea mays* L.) plants in Central Benin. *Advances in Microbiology*, *13*, 323-345. <https://doi.org/10.4236/aim.2023.136021>
- APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, *181*, 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Arias, A. (2010). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Journal De Ciencia E Ingeniería*, *02(02)*, 42-45. <http://jci.uniautonoma.edu.co/2010/2010-7.pdf>
- Armenta, A. D., García, C., Camacho, J. R., Apodaca, M. Á., Gerardo, L., y Nava, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, *6(1)*, 51-56.
- Arora, N. K., Khare, E., y Maheshwari, D. . (2010). Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Constraints in Bioformulation, Commercialization, and Future Strategies. En D. Maheshwari (Ed.), *Plant Growth and Health Promoting Bacteria* (Vol. 18, pp. 97-116). Springer. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-13612-2\\_5](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-13612-2_5)
- Avila, G. M. de A., Gabardo, G., Clock, D. C., y Lima Junior, O. S. de. (2021). Use of efficient microorganisms in agriculture. *Research, Society and Development*, *10(8)*, e40610817515. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17515>
- Ayala, D. (2015). *Vigor de shihuahuaco (Dipteryx spp.) y biomasa microbiana de suelos degradados en selva con dos biofertilizantes* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1629>
- Ayoub, I., Bigatton, E. ., Ballatore, A., Gastaldi, N., Berdini, A., Archilla, M. ., Bruno, M. ., Pizzolitto, R. ., Martín, M. ., Dubini, L. ., Vázquez, C., Merlo, C., y Lucini, E. . (2022). Evaluación del efecto bioestimulante de bacillus spp como rizobacteria

- promotora del crecimiento vegetal sobre el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Nexo Agropecuario.*, 10(1), 1-6.  
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/37535/38389>
- Barandiarán, M. Á. (2020). *Manual técnico del cultivo de Maíz amarillo duro*. Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA.  
<https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1643>
- Bashan, Y. (1998). Inoculation of plant growth promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnology Advances*, 16(4), 729-770.
- Bashan, Y., y Holguin, G. (1998). Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: Biocontrol-PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(8-9), 1225-1228.  
[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(97\)00187-9](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(97)00187-9)
- Bibi, F., y Ilyas, N. (2020). Effect of agricultural pollution on crops. En M. Hasanuzzaman (Ed.), *Agronomic Crops* (pp. 593-601). Springer Nature Singapore Pte Ltd.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-15-0025-1\\_28](https://doi.org/10.1007/978-981-15-0025-1_28)
- BIOEM. (2022). *EM•1®* [Catálogo de línea agrícola].  
<http://www.bioem.com.pe/em1.html>
- BIOPERÚ. (2019). *10 EN UNO «pescado + algas marinas»* [Ficha técnica]. BIO-ORGANICA DEL PERÚ E.I.R.L.
- Bonavia, D., Grobman, A., Johnson-kelly, L. W., Jones, J. G., Ortega, Y. R., Patrucco, R., Pumayalla, A., Reitz, E. J., Tello, R., Weir, G. H., Wing, E. S., y Zárate, Á. (2009). Historia de un campamento del Horizonte Medio de Huarney, Perú (PV35-4). *Bulletin de l ' Institut français d ' études andines*, 38(2), 237-287.  
<https://doi.org/10.4000/bifea.2636>
- Breña, J. (2023). *Comportamiento Agronómico del cultivo de maíz morado (Zea mays) a la aplicación de cuatro dosis de trihormona en el distrito de Paucar, Provincia de Daniel Alcides Carrión* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

- Callisaya, Y., y Fernández, C. M. (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. <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/182>
- Calzada, J. (1970). *Métodos estadísticos para la investigación* (3.a ed.). Lima: Editorial Jurídica.
- Carbonelli, Z. (2020). *Microorganismos Eficientes en la fenología y rendimiento del maíz morado (Zea mays L) en Huaral – Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. <https://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/927>
- Castillo, G., Gregori, B. S., Michelena, G., Díaz de Villegas, M. E., Delgado, G., Montano, R., Cejas, G., y Gálvez, L. O. (2007). Bioproductos para la agricultura: surgimiento y desarrollo en el ICIDCA. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, *XLI*(3), 42-51. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120666006>
- CIMMYT. (1988). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. México: CIMMYT.
- Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., y Roupheal, Y. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 28-38. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2015.08.037>
- Cotrina, V. (2019). *Efecto de abonos orgánicos en las propiedades Físicas, Químicas y Biológicas del suelo agrícola en Purupampa Panao – 2017* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Escuela de Posgrado]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5399>
- Cotriza. (2022). *Información de mercado nacional e internacional de granos*. <https://www.cotriza.cl/mercado/maiz/internacional/detalle-productivo-mundial/?page=9>
- Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23, 371-393. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>

- Cruz, D. R. C., Silva, M. A., Nascente, A. S., Filippi, M. C. C. De, y Ferreira, E. P. D. B. (2023). Use of multifunctional microorganisms in corn crop. *Revista Caatinga*, 36(2), 349-361. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252023v36n212rc>
- DatosMundial.com. (2022). *Crecimiento de población por país*. <https://www.datosmundial.com/crecimiento-poblacional.php>
- Deliopoulos, T., Kettlewell, P. S., y Hare, M. C. (2010). Fungal disease suppression by inorganic salts: A review. *Crop Protection*, 29, 1059-1075. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.011>
- du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- EEAITAJ. (2015). *Activar EM.1* [Documento de trabajo]. Estación Experimental Agropecuario para la Introducción de Tecnologías Apropriadas de Japón. [https://www.emuruguay.org/PDF/EEAITAJ\\_Activar\\_EM\\_1.pdf](https://www.emuruguay.org/PDF/EEAITAJ_Activar_EM_1.pdf)
- Escoto, J. (2014). *Efecto de biofertilizante y productos orgánicos en la producción de nopal verdura* [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma De Nuevo León, Facultad de Agronomía]. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/4297>
- Estación Experimental Agraria - Baños del Inca - Cajamarca. (2014). *Maíz morado INIA 601: Variedad de maíz morado para la sierra norte del Perú* [Plegable N° 3]. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/65>
- Evaristo, C. S. (2019). *Efecto del Bioestimulante Mixhor-Plus en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L) PMV 581 en condiciones de Panao - Pachitea - Huánuco, 2018* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Farfán, H. (2021). *Efecto de la fertilización orgánico mineral sobre la producción de maíz morado (Zea mayz l.) en Acobamba – Huancavelica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4024>

- Fuentes, M. R. (2002). *EL CULTIVO DEL MAIZ EN GUATEMALA Una guía para su manejo agronómico*. Instituto de Ciencia y Tecnologías Agrícolas - ICTA. <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Maiz/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf>
- Gallego, J. M. (2012). *Efecto de dos abonos verdes sobre la mineralización del nitrógeno y la dinámica de bacterias oxidantes del amoníaco y del nitrito de un ciclo de cultivo de maíz *zea mays* L.* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Coordinación General de Posgrados. Palmira - Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20087>
- García, J. O., Bolaño, L. V., y Annichiarico, N. E. (2020). Producción sostenible de maíz integrando biofertilizantes EM como estrategia de conservación de suelos en el CAA. *Revista Siembra CBA*, 2, 33-48.
- Gonzales, H. N. (2010). *Efecto del bioestimulante Evergreen en tres dosis y tres fraccionamientos en el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) CV. 'Marginal28-T' en Tingo María*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/107>
- Guerrero, B., Velandia, M., Fischer, G., y Montenegro, H. (2007). Los ácidos carboxílicos de extractos vegetales y la humedad del suelo influyen en la producción y el rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 1(1), 9-19.
- Guillén, J., Mori, S., y Paucar, L. M. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigrovioláceo. *Scientia Agropecuaria*, 5, 211-217. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172014000400005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172014000400005&script=sci_arttext)
- Hernández, B. M., Rodríguez, M. C., Castilla, P., Sánchez, J., Vela, G., y Schettino, B. (2019). Uso potencial de cianobacterias como biofertilizante para el cultivo de maíz azul en la Ciudad de México. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 10(1), 13-27.
- Higa, T. (2002). *Una revolución para salvar la tierra*. EM Research Organization., 2-9-2 Ganeko.

- Higa, T., y Parr, J. F. (2013). Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible. *Centro internacional de Investigación de Agricultura Natural, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos*, 13(2), 128-135.
- Hoyos, H., Alvis, G., Jabib, R., Garcés, B., Pérez, F., y Mattar, V. (2008). Utilidad de los microorganismos eficaces (em®) en una explotación avícola de córdoba: Parámetros productivos y control ambiental. *Revista MVZ Cordoba*, 13(2), 1369-1379. <https://doi.org/10.21897/rmvz.397>
- INIA. (2007). *Maíz INIA 615 Negro Canaán. Nueva variedad de maíz morado para la sierra peruana*. [Tríptico]. Instituto Nacional de Investigación Agraria - INIA, Estación Experimental Agraria Canaán - Ayacucho.
- InnovakGlobal. (2018a). *Biofit RTU Promotor de la fertilidad biológica* [Ficha técnica].
- InnovakGlobal. (2018b). *Nutrisorb G. Bioestimulante para la asimilación de nutrientes* [Ficha técnica].
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S., Norrie, J., y Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 386-399. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>
- Laos, A. D. (2017). *Efecto de tres bioestimulantes orgánicos en el rendimiento del híbrido doble de maíz (Zea mays L.) XB-8010 en Tulumayo*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- León, J. C. (2022). *Producción nacional de maíz amiláceo* [Noticia en un blog]. <https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-maiz-amilaceo-alcanzo-las-772-mil-ton-27743>
- Lopez, S. C. (2019). *Densidad de siembra y momentos de aplicación de fósforo en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) bajo goteo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad De Agronomía]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3963>

- Lucy, M., Reed, E., y Glick, B. R. (2004). Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 86, 1-25. <https://doi.org/10.1023/B:ANTO.0000024903.10757.6e>
- Luna, M. A., y Mesa, J. R. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas*, 4(2), 31-40. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/84>
- Madrona, F. V., y Maturano, M. (2009). Evaluación de un biofertilizante ecológico en el cultivo de maíz, en zonas vulnerables de Albacete. *En III Jornadas del Grupo de Fertilización de la SECH*, 232-236. <https://www.sech.info/ACTAS/Acta no 56. III Jornadas del Grupo de Fertilización/Sesión 6. Otros cultivos/Evaluación de un biofertilizante ecológico en el cultivo de maíz, en zonas vulnerables de Albacete.pdf>
- Manrique, A. (2000). *Maíz morado peruano (Zea mays L. amilaceae st.)*. Instituto Nacional de Investigación Agraria - INIA.
- Martínez, L., Aguilar, C. E., Carcaño, M. G., Galdámez, J., Gutiérrez, A., Morales, J. A., Martínez, F. B., Llaven, J., y Gómez, E. (2018). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores, Chiapas, México. *Siembra*, 5(1), 26-37.
- Mathews, S., y Gowrilekshmi, R. (2016). Solid waste management using Effective Microorganism (EM) Technology. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(7), 804-815. <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2016.507.093>
- McMurry, J. (2008). *Química Orgánica, 7ma Edición*. Cengage Learning Editores, S.A.
- Medina, A. E. (2022). *Guía de Manejo del Cultivo de Maíz Morado (Zea mays L.)*. Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA.
- Mendoza, N. (2017). *Contenido de antocianina y rendimiento de seis variedades de maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2735 msnm – Ayacucho* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga.



- Mercado, S. S. (2022). *Efectos de la aplicación de extractos de algas marinas en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) en Santa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma, Chimbote – Perú]. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3974>
- MIDAGRI. (2021). *EL MAÍZ MORADO PERUANO. Un producto con alto contenido de antocianina, poderoso antioxidante natural*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Dirección General de Políticas Agraria/Dirección de Estudios Económicos. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3531000/ El Maíz Morado Peruano.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3531000/El_Maíz_Morado_Peruano.pdf)
- MINAM. (2018). *Línea de Base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad*. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Diversidad Biológica/Dirección de Recursos Genéticos y Bioseguridad. <https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/Linea-de-base-maíz-LowRes.pdf>
- Mishra, P., y Dash, D. (2014). Rejuvenation of biofertiliser for sustainable agriculture and economic development. *Consilience: The Journal of Sustainable Development*, *11*(1), 41-61. <https://www.jstor.org/stable/26188729>
- Molina, O. R. (2017). Rentabilidad de la producción agrícola desde la perspectiva de los costos reales: municipios Pueblo Llano y Rangel del estado de Mérida, Venezuela. *Visión gerencial*, *16*(2), 217-232. <https://www.redalyc.org/journal/4655/465552407013/465552407013.pdf>
- Moreno, A., García, V., Reyes, J. L., Vásquez, J., y Cano, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *XX*(1), 68-83. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>
- Moreno, B. (2012). La rizósfera y las relaciones entre las plantas y los microorganismos. En G. A. Aguado-Santacruz (Ed.), *Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura* (pp. 23-33). INIFAP/SAGARPA.

- Moreno, B., Rascón, Q., y Aguado, G. A. (2012). Manejo y calidad de los biofertilizantes. En G. A. Aguado-Santacruz (Ed.), *Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura* (pp. 115-150). INIFAP/SAGARPA.
- Moya, J. C. (2012). *¿Cómo hacer microorganismos eficientes?* [Hoja divulgativa N° 4]. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección Regional Central Occidental, Unidad de Información y Comunicación. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/drocc-hoja-04-2012.pdf>
- Mulyani, O., Trinurani, E., Sudirja, R., y Joy, B. (2017). The effect of bio-fertilizer on soil chemical properties of sugarcane in purwadadi subang. *KnE Life Sciences*, 2(6), 164-171. <https://doi.org/10.18502/cls.v2i6.1035>
- Ñaupari, E. (2015). *Evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficientes (ME) en el cultivo de Zea mays L. (Maíz amarillo duro) en la zona de Satipo*. [Tesis de pregrado, Universidad del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4021>
- Nishikawa, T. (2011). *Guia de la Tecnologia de EM*. San Juan de Tibás, Costa Rica: EMPROTEC. <http://www.infoagro.go.cr/Infoagregiones/RegionCentralOriental/Documents/BoletinTecnologiaEM.pdf>
- OECD. (2003). Consensus Document on the Biology of *Zea mays* subsp. *mays* (Maize). *Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology (ENV/JM/MONO)*, 11(27), 1-49.
- OISCA-BID. (2009). *Manual práctico de uso de EM* (1.a ed.). Banco Interamericano de Desarrollo - Convenio Fondo Especial de Japón / BID ATN/JO-10792 UR.
- Oré, V. (2015). *Fertilización potásica y nivel nutricional en el rendimiento de maíz morado PMV – 581 (Zea Mayz L.), bajo riego por goteo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2087>
- Orozco, A. L., Valverde, M. I., Martínez, R., Chávez, C., y Benavides, R. (2016). Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano. *Terra Latinoamericana*, 34, 441-456.

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792016000400441&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792016000400441&script=sci_arttext)

- Ortigoza, J., López, C., y Gonzalez, J. (2019). *Guia tecnica cultivo de maiz*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción.
- Ouyang, Y., y Norton, J. M. (2020). Nitrite Oxidizer Activity and Community Are More Responsive Than Their Abundance to Ammonium-Based Fertilizer in an Agricultural Soil. *Frontiers in Microbiology*, *11*:1736, 1-10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01736>
- Oyola, M. de la T., y Jayo, L. A. (2018). *Interacción de cuatro productos trihormonales estimulantes del desarrollo en la productividad del cultivo de maíz morado (Zea mays L.) variedad Canteño en la zona baja del valle de Ica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, Facultad de Agronomía]. <https://repositorio.unica.edu.pe/items/12179163-165c-4373-849d-06c0247eb58d>
- Paliwal, R. L. (2001a). Los ambientes de cultivo del maíz. En *EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS: Mejoramiento y producción* (pp. 57-60). Colección FAO: Producción y protección vegetal N° 28. <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s00.htm>
- Paliwal, R. L. (2001b). Morfología del maíz tropical. En *EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS: Mejoramiento y producción* (pp. 13-20). Colección FAO: Producción y protección vegetal N° 28. <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s00.htm>
- Paliwal, R. L. (2001c). Usos del maíz. En *EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS: Mejoramiento y producción* (pp. 45-56). Colección FAO: Producción y protección vegetal N° 28. <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s00.htm>
- Parvathi, S. (2023). International Journal of Agriculture Extension and Social Development. *International Journal of Agriculture Extension and Social Development*, *6*(1), 87-90. <https://doi.org/https://doi.org/10.33545/26180723.2023.v6.i1b.179>
- Pedraza, R. O., Estrada, G. A., y Bonilla, R. R. (2021). Los biofertilizantes y su relación con la sostenibilidad agrícola. En R. Bonilla, L. E. González, & R. O. Pedraza

- (Eds.), *Bacterias promotoras de crecimiento vegetal; en Sistemas de Agricultura Sostenible* (pp. 32-45). AGROSAVIA.
- Peniche, H., Ramírez, M. Á., y Peniche, C. (2015). El quitosano y su impacto en la agricultura. *REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS*, 109(701), 6-10.
- Philippot, L., Raaijmakers, J. M., Lemanceau, P., y Van Der Putten, W. H. (2013). Going back to the roots: The microbial ecology of the rhizosphere. *Nature Reviews Microbiology*, 11, 789-799. <https://doi.org/10.1038/nrmicro3109>
- Piotrowska, A., y Boruszko, D. (2023). Analysis of the potential of effective microorganisms in plant production. *Ekonomia i Środowisko - Economics and Environment*, 83(4), 180-195. <https://doi.org/10.34659/eis.2022.83.4.485>
- Quispe, C. (2017). *De la biodiversidad del maíz amiláceo: EL MORADITO saludable antioxidante natural* [Folleto]. Ministerio de Agricultura, Dirección General Agrícola. [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia\\_plantas/f01-cultivo/maiz\\_morado.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/maiz_morado.pdf)
- Ramirez, D. A. (2020). *Evaluación del rendimiento y los niveles de pigmentos antociánicos de 07 genotipos de maíz morado (Zea mays L.) bajo condiciones de secano y riego, centro poblado de Yatún, Cutervo, Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10947>
- Ramírez, M. A. (2006). *Tecnología de microorganismos efectivos (EM) aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible* [Monografía]. Universidad Industrial de Santander Escuela de Ingeniería Química Especialización Ingeniería Ambiental.
- Reyes, M., Gómez, I., y Espinoza, C. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos* (10.a ed.). Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Risco, M. (2007). *Conociendo la cadena productiva de maíz morado en Ayacucho*. Solid - Perú.

- Román, L. F., y Gutiérrez, M. A. (1998). Evaluación de ácidos carboxílicos y nitrato de calcio para incrementar calidad, cantidad y vida de anaquel en tres tipos de melón. *Terra Latinoamericana*, 16(1), 49-54.
- Sánchez, I., y Pérez, E. (2014). Maíz I ( *Zea mays* ). *Reduca (Biología). Serie Botánica.*, 7(2), 151-171. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27974/1/MAIZ I.pdf>
- Sevilla, R., y Valdez, A. (1985). *Estudio de factibilidad del cultivo de maíz morado*. Fondo de Promoción y Exportación (FOPEX).
- Sharma, Y., Hasan, A., Thomas, T., David, A. A., y Kumar, T. (2022). Effect of organic and inorganic fertilizers on physico-chemical properties of soil and cluster bean. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*, 24(3), 515-518. <https://doi.org/10.53550/AJMBES.2022.v24i03.0013>
- Silva, F. V. da, Costa, R. R. G. F., Vitorino, L. C., Porto, L. S., Santos, S. C., Santos, T. S., y Rocha, A. F. de S. (2021). The synergistic action of *Azospirillum brasilense* and effective microorganisms promotes growth and increases the productivity of green corn. *Scientia Plena*, 17(4), 1-12. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.040201>
- Sirpat, B. (2022). Biofertilizers - A brief insight. *i TECH MAG*, 4, 10-14. <https://doi.org/10.26480/itechmag.04.2022.10.14>
- Tadeo, M., García, J. J., Alcántar, H. J., Lobato, R., Gómez, N. O., Sierra, M., Irizar, M. B. G., Valdivia, R., Zaragoza, J., Martínez, B., López, C., Espinosa, A., y Turrent, A. (2017). Biofertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles para los valles altos de México. *Terra Latinoamericana*, 35, 65-72. <https://doi.org/10.28940/terra.v35i1.242>
- Tangara, E. (2010). *Efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en las propiedades físicas y químicas del suelo sobre el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en tres comunidades del altiplano central de Bolivia* [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica, La Paz - Bolivia]. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/9837>

- Tanya, M., y Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852019000200093&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852019000200093&script=sci_arttext)
- Torres, A., Héctor, E. F., Cué, J. L., y Cevallos, M. (2018). *Fisiología Vegetal Volumen I: Nutrición hídrica y mineral de las plantas*. Ediciones UTM- Universidad Técnica de Manabí. <https://www.researchgate.net/publication/324975554>
- Torres, J. A., Reyes, J. J., González, L. G., Jiménez, M., Boicet, T., Enríquez, E. A., Rodríguez, A. T., Ramírez, M. Á., y González, J. C. (2018). Respuesta agronómica de dos variedades de maíz blanco (*Zea mays*, L.) a la aplicación de Quitomax, Azofert y Ecomic. *Biotecnia*, XX(1), 3-7.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672971085001>
- Torres, P. (2018). *El despanojado en el índice de tinción en la tusa de maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2750 msnm – Ayacucho* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga].  
[http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3097/1/TESIS\\_AG1226\\_Tor.pdf](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3097/1/TESIS_AG1226_Tor.pdf)
- Ubilla, L. (2017). *Respuesta del cultivo de maíz (Zea mays L) a la aplicación de abonos foliares a base de algas marinas* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3284>
- Vergara, A. F. (2013). *Efecto de abonos verdes sobre la dinámica de hongos micorrizógenos (HMA) y bacterias nitrificantes en un ciclo de cultivo de maíz, Zea mays L.* [Tesis de posgrado]. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Coordinación General de Postgrados. Palmira - Colombia.
- Yakhin, O. I., Lubyaynov, A. A., Yakhin, I. A., y Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1-32.  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

Planteamiento del problema	Hipótesis	Objetivo(s)	Variable(s)	Indicador(es)	Estadística
¿Cuál es el efecto de la aplicación de biofertilizantes en las características químicas y biológicas del suelo?	La aplicación de biofertilizantes mejora las características químicas y biológicas del suelo.	Determinar el efecto de la aplicación de biofertilizantes en las características químicas y biológicas del suelo.	<p><b>Variable Independiente.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Biofit</li> <li>➤ Nutrisorb</li> <li>➤ 10 en uno</li> <li>➤ EMA</li> </ul> <p><b>Variable Dependiente.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Características químicas.</li> <li>➤ Características biológicas.</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 3 kg/ha</li> <li>➤ 3 lt/ha</li> <li>➤ 3.5 lt/ha</li> <li>➤ 3 lt/ha</li> </ul> <p><b>Variable Dependiente.</b></p> <p>Químicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ pH</li> <li>➤ Materia orgánica</li> <li>➤ Nitrógeno total</li> <li>➤ Fosforo disponible</li> <li>➤ Potasio disponible</li> <li>➤ Capacidad de intercambio catiónico</li> </ul> <p>Biológicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cuantificación de bacterias nitrificantes.</li> <li>➤ Cuantificación de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre.</li> <li>➤ Biomasa microbiana.</li> </ul>	<p>ANOVA; para determinar las diferencias de los tratamientos.</p> <p>Estadística descriptiva: Figuras. Para evaluar el efecto de los tratamientos en las características químicas y biológicas del suelo a los 0 días y después de la cosecha.</p>
¿Cuál de los tratamientos con biofertilizantes incrementa el rendimiento del maíz morado?	El rendimiento del maíz morado se incrementa significativamente en los tratamientos con biofertilizantes.	Identificar el tratamiento con biofertilizante que incrementa el rendimiento del maíz morado.	<p><b>Variable Independiente.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Biofit</li> <li>➤ Nutrisorb</li> <li>➤ 10 en uno</li> <li>➤ EMA</li> </ul> <p><b>Variable Dependiente.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rendimiento.</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 3 kg/ha</li> <li>➤ 3 lt/ha</li> <li>➤ 3.5 lt/ha</li> <li>➤ 3 lt/ha</li> </ul> <p><b>Variable Dependiente.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Altura de planta</li> <li>➤ Longitud de mazorca</li> <li>➤ Diámetro de mazorca</li> <li>➤ Número de mazorcas/planta</li> <li>➤ Peso de mazorca</li> <li>➤ Rendimiento por hectárea</li> <li>➤ Días a la cosecha.</li> <li>➤ Número de hileras de grano por mazorca.</li> <li>➤ Número de granos por hilera</li> </ul>	<p>ANDEVA: Para determinar las diferencias de los tratamientos.</p> <p>Tukey: Para identificar las diferencias entre los tratamientos.</p>

Planteamiento del problema	Hipótesis	Objetivo(s)	Variable(s)	Indicador(es)	Estadística
¿Cuál es la rentabilidad de los tratamientos utilizados en la producción de maíz morado?	La rentabilidad de los tratamientos utilizados en la producción de maíz morado varía significativamente.	Comparar la rentabilidad de los tratamientos utilizados en la producción de maíz morado.	<b>Variable Independiente.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Biofit</li> <li>➤ Nutrisorb</li> <li>➤ 10 en uno</li> <li>➤ EMA</li> </ul> <b>Variable Dependiente.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rentabilidad económica.</li> </ul>	<b>Variable Independiente.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 3 kg/ha</li> <li>➤ 3 lt/ha</li> <li>➤ 3.5 lt/ha</li> <li>➤ 3 lt/ha</li> </ul> <b>Variable Dependiente.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rendimiento</li> <li>➤ Valor bruto de la producción</li> <li>➤ Costo total de la producción</li> <li>➤ Utilidad neta</li> <li>➤ Índice de rentabilidad</li> </ul>	Estadística descriptiva: Cuadros. Para calcular la rentabilidad económica de los tratamientos en estudio.



## Anexo 2. Resultados del análisis químico del suelo

Tratamientos	pH (1:1)	M.O. %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
						Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
						meq/100g							
ADS*	7.35	5.69	274.86	620	11.68	6.97	3.29	1.36	0.06	0.00	11.68	11.68	100
Biofit	7.26	6.51	278.12	680	12.49	7.09	3.80	1.50	0.10	0.00	12.49	12.49	100
Nutrisorb	7.28	6.49	277.95	679	12.48	7.08	3.79	1.50	0.11	0.00	12.48	12.48	100
10 en uno	7.32	6.43	276.11	667	12.42	7.05	3.78	1.49	0.10	0.00	12.42	12.42	100
EMA	7.3	6.46	276.94	669	12.45	7.07	3.78	1.49	0.11	0.00	12.45	12.45	100
Con fertilización	7.36	5.67	278.9	685	11.65	6.96	3.28	1.35	0.06	0.00	11.65	11.65	100
Sin fertilización	7.35	5.68	274.84	617	11.66	6.97	3.28	1.35	0.06	0.00	11.66	11.66	100

## Anexo 3. Resultados del análisis microbiológico del suelo

Tratamientos	Humedad gravimétrica (%)	Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre	Bacterias nitrificantes	Biomasa microbiana
		(Organismos/ g de suelo seco)		(mg C/ g de suelo seco)
Biofit	31.09	1.50 x 10 <sup>6</sup>	1.50 x 10 <sup>6</sup>	1.55
Nutrisorb	31.81	2.00 x 10 <sup>4</sup>	2.50 x 10 <sup>5</sup>	1.20
10 en uno	29.94	1.50 x 10 <sup>4</sup>	1.50 x 10 <sup>6</sup>	0.88
EMA	42.22	1.50 x 10 <sup>4</sup>	9.50 x 10 <sup>5</sup>	1.45
Con fertilizante	21.78	1.50 x 10 <sup>5</sup>	4.50 x 10 <sup>5</sup>	0.81
Sin fertilizante	38.12	2.00 x 10 <sup>5</sup>	1.50 x 10 <sup>5</sup>	1.37
Al inicio	32.92	2.00 x 10 <sup>4</sup>	9.50 x 10 <sup>5</sup>	0.86

#### Anexo 4. Registro de datos de la evaluación de la altura de plantas (cm)

TRATAMIENTO	BLOQUES		
	I	II	III
T1	1.836	1.661	1.769
T2	1.779	1.538	1.707
T3	1.802	1.683	1.656
T4	1.735	1.764	1.638
T5	1.548	1.414	1.636
T6	1.691	1.438	1.646
T7	1.677	1.764	1.622
T8	1.576	1.530	1.734
T9	1.569	1.662	1.606
T10	1.574	1.518	1.535

#### Anexo 5. Registro de datos de la evaluación de la longitud de mazorca (cm)

TRATAMIENTO	BLOQUES		
	I	II	III
T1	15.85	14.05	16.7
T2	15.9	12.95	14.9
T3	15.7	14.85	14.4
T4	16.5	16.05	15.65
T5	18.25	16.4	16.6
T6	19.2	17.9	18.25
T7	18.2	18.4	17.85
T8	18	17.45	16.5
T9	15.67	15.95	14.95
T10	14.75	15.1	13.9

**Anexo 6. Registro de datos de la evaluación del diámetro de mazorca (cm).**

TRATAMIENTO	BLOQUES		
	I	II	III
T1	4.85	4.72	4.68
T2	4.8	4.84	5.04
T3	4.78	4.66	4.7
T4	4.75	4.7	4.66
T5	4.88	4.53	4.69
T6	4.57	4.62	4.86
T7	4.61	4.76	4.66
T8	5.23	4.29	4.72
T9	4.67	4.79	4.64
T10	4.81	4.48	4.64

**Anexo 7. Registro de datos de la evaluación del número de mazorcas/planta.**

TRATAMIENTO	BLOQUES		
	I	II	III
T1	1.4	1.5	1.4
T2	1.5	1.4	1.6
T3	1.6	1.5	1.5
T4	1.5	1.4	1.4
T5	2.2	2	1.9
T6	2	2	2.2
T7	1.9	1.9	1.8
T8	1.9	2.1	2
T9	1.6	1.4	1.8
T10	1.1	1.4	1.4

**Anexo 8. Registro de datos de la evaluación del peso de mazorca (g).**

TRATAMIENTO	BLOQUES		
	I	II	III
T1	191	155	189
T2	177.5	154.5	188.5
T3	167.5	153	158
T4	175	168.5	180
T5	214	183	168
T6	194.5	181.5	217.5
T7	184	210	211.5
T8	249	167.5	198.5
T9	169	183.5	177.5
T10	156	151.5	161.5

**Anexo 9. Registro de datos de la evaluación del rendimiento por hectárea (kg/ha).**

TRATAMIENTO	BLOQUES		
	I	II	III
T1	6230.59	5023.48	5300.88
T2	5517.75	4857.04	4670.42
T3	5823.74	6027.16	5200.00
T4	6913.16	6334.83	6314.65
T5	5837.19	4236.16	5174.79
T6	5223.88	5383.59	5129.39
T7	6576.92	6113.41	5220.18
T8	5427.64	4733.97	5558.10
T9	8467.79	7940.22	7741.75
T10	4690.60	3913.87	4478.76

**Anexo 10. Registro de datos de la evaluación del rendimiento de primera en kg/ha.**

TRATAMIENTO	BLOQUES		
	I	II	III
T1	3934.05	2703.40	3011.06
T2	2995.93	2582.35	2486.52
T3	3762.56	3641.52	2728.62
T4	4293.83	3959.27	3596.12
T5	3671.78	2388.67	3540.64
T6	3583.01	3595.11	3555.77
T7	4564.50	4484.31	3807.96
T8	3620.00	3363.61	3520.47
T9	4727.41	4183.20	4105.78
T10	1960.30	1467.70	1795.54

**Anexo 11. Registro de datos de la evaluación del rendimiento de segunda en kg/ha.**

TRATAMIENTO	BLOQUES		
	I	II	III
T1	1324.80	1013.77	1240.74
T2	1496.28	1149.95	1160.04
T3	1250.83	1492.92	1301.26
T4	1946.85	1634.14	1770.32
T5	1360.44	1166.34	1038.99
T6	833.88	1071.27	748.98
T7	1260.91	994.61	796.90
T8	1021.51	967.88	1225.61
T9	2652.89	2563.69	2308.23
T10	1546.72	1059.17	1291.17

**Anexo 12. Registro de datos de la evaluación del rendimiento de tercera en kg/ha.**

TRATAMIENTO	BLOQUES		
	I	II	III
<b>T1</b>	971.74	1306.31	1049.08
<b>T2</b>	1025.54	1124.73	1023.86
<b>T3</b>	810.35	892.73	1170.13
<b>T4</b>	672.49	741.42	948.21
<b>T5</b>	804.97	681.15	595.15
<b>T6</b>	806.98	717.21	824.64
<b>T7</b>	751.50	634.49	615.33
<b>T8</b>	786.14	402.48	812.03
<b>T9</b>	1087.48	1193.33	1327.74
<b>T10</b>	1183.58	1387.00	1392.05

**Anexo 13. Registro de datos de la evaluación de los días a la cosecha.**

TRATAMIENTO	BLOQUES		
	I	II	III
<b>T1</b>	130	130	132
<b>T2</b>	131	133	133
<b>T3</b>	131	132	132
<b>T4</b>	131	131	133
<b>T5</b>	135	135	136
<b>T6</b>	136	136	137
<b>T7</b>	137	137	138
<b>T8</b>	137	138	137
<b>T9</b>	133	132	131
<b>T10</b>	129	131	131

**Anexo 14. Registro de datos de la evaluación del número de hileras de grano por mazorca.**

TRATAMIENTO	BLOQUES		
	I	II	III
<b>T1</b>	9.4	9.8	9.2
<b>T2</b>	9.7	10	10.2
<b>T3</b>	10.4	10.4	9.2
<b>T4</b>	9	9.8	10
<b>T5</b>	10	9.2	9.4
<b>T6</b>	9.8	10.8	10
<b>T7</b>	9.8	9.8	9.8
<b>T8</b>	10.7	9.8	10.2
<b>T9</b>	9.5	9.8	9.4
<b>T10</b>	9.9	9.4	9.8

**Anexo 15. Registro de datos de la evaluación del número de granos por hilera.**

TRATAMIENTO	BLOQUES		
	I	II	III
<b>T1</b>	27.35	25.45	26.4
<b>T2</b>	25.9	22.55	25.9
<b>T3</b>	27.25	25.9	24.65
<b>T4</b>	24.7	25.95	23.65
<b>T5</b>	27	23.7	26.25
<b>T6</b>	26.25	23.5	24.1
<b>T7</b>	29.35	26.9	26.95
<b>T8</b>	29.55	23.5	25.65
<b>T9</b>	25.1	24.4	22.65
<b>T10</b>	23.75	21.5	23.45

## Anexo 16. Costos de producción de los tratamientos en estudio.

RUBRO Y/O ACTIVIDAD	TRATAMIENTOS EN ESTUDIO									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I. COSTOS DIRECTOS</b>										
<b>A. Gastos de cultivo</b>										
<b>1. Mano de obra</b>										
1.1. Preparación del terreno	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
1.2. Siembra	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
1.3. Labores culturales	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280
1.4. Control fitosanitario	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
1.5. Cosecha	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
<b>2. Insumos</b>										
2.1. Semilla	350	350	350	350	425	425	425	425	312.5	312.5
2.2. Biofertilizantes y Fertilizantes	416.64	227.23	105	240	416.64	227.23	105	240	1277.1	
2.3. Plaguicidas	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225
<b>3. Tracción animal (Yunta)</b>	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
<b>B. Servicios</b>										
- Alquiler de terreno	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
<b>C. Materiales y equipos</b>										
1. Materiales de campo	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285
<b>II. COSTOS INDIRECTOS</b>										
A. Asistencia técnica	109.33	105.54	103.1	105.8	110.83	107.04	104.6	107.3	125.79	100.25
B. Gastos de administración	273.33	263.86	257.75	264.5	277.08	267.61	261.5	268.25	314.48	250.63
C. Gastos de herramientas y equipo	54.67	52.77	51.55	52.9	55.42	53.52	52.3	53.65	62.9	50.13
D. Imprevistos	164	158.32	154.65	158.7	166.25	160.57	156.9	160.95	188.69	150.38
<b>COSTO TOTAL / TRATAMIENTO</b>	<b>6067.97</b>	<b>5857.72</b>	<b>5722.05</b>	<b>5871.9</b>	<b>6151.22</b>	<b>5940.97</b>	<b>5805.3</b>	<b>5955.15</b>	<b>6981.46</b>	<b>5563.88</b>

## Anexo 17. Muestreo de suelos.





### Anexo 18. Preparación del suelo.



### Anexo 19. Demarcación del terreno.



### Anexo 20. Surcado de las parcelas.



### Anexo 21. Aplicación del biofertilizante Biofit.



### Anexo 22. Siembra de las parcelas experimentales.



### Anexo 23. Vista panorámica del campo en la emergencia y el periodo de crecimiento.



### Anexo 24. Medición de la altura de las plantas.



### Anexo 25. Momento de la cosecha de las parcelas.



### Anexo 26. Rendimiento de primera, segunda y tercera de los tratamientos T1 y T2.



**Anexo 27. Rendimiento de primera, segunda y tercera de los tratamientos T3 y T4.**



**Anexo 28. Rendimiento de primera, segunda y tercera de los tratamientos T5 y T6.**



**Anexo 29. Rendimiento de primera, segunda y tercera de los tratamientos T7 y T8.**



### Anexo 30. Rendimiento de primera, segunda y tercera de los tratamientos T9 y T10.





Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Carlos Alberto Zambrano Poma,  
identificado con DNI 10007203 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Maestría en Agricultura Andina con Especialidad en Agroecología

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:  
“EFFECTO DE CUATRO BIOFERTILIZANTES EN EL SUELO Y RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE MAÍZ  
MORADO EN CONDICIONES DE AMBO – HUÁNUCO”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 13 de Mayo del 20 24

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



VRI  
Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Carlos Alberto Zambrano Poma  
identificado con DNI 10007203 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Maestría en Agricultura Andina con Especialidad en Agroecología

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“EFECTO DE CUATRO BIOFERTILIZANTES EN EL SUELO Y RENDIMIENTO DE DOS  
VARIETADES DE MAÍZ MORADO EN CONDICIONES DE AMBO – HUÁNUCO

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexas, a título gratuito y a nivel mundial.


En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 13 de Mayo del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella