



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y NIVEL ANTOCIÁNICO DE
CUATRO VARIEDADES DE MAÍZ MORADO INOCULADO
CON UN COMPLEJO MICORRÍZICO EN CONDICIONES
DEL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS - TACNA**

PRESENTADA POR

BACHILLER CELESTINO CCALAHUILLE CALAHUILLE

ASESOR

ING. ALEJANDRO FUENTES HUAMAN

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

MOQUEGUA – PERÚ

2023

CONTENIDO

	Pág.
PÁGINA DE JURADO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
CONTENIDO	iv
CONTENIDO DE TABLAS	ix
CONTENIDO DE FIGURAS	xi
CONTENIDO DE APENDICES.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvi

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema	1
1.2. Definición del problema	2
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problemas específicos.	3
1.3 Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1 Objetivo general.	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación.....	4
1.4.1 Económica.....	4

1.4.2 Social.....	4
1.4.3 Ambiental.....	5
1.5 Alcances y limitaciones.....	5
1.5.1 Alcances.....	5
1.5.2 Limitaciones.....	5
1.6 Variables.....	5
1.6.1 Variables independientes.....	6
1.6.2 Variables dependientes.....	6
1.6.3 Operacionalización de variables.....	6
1.7 Hipótesis de la investigación.....	7
1.7.1 Hipótesis general.....	7
1.7.2 Hipótesis específicas.....	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.....	9
2.1.1 Nacionales.....	9
2.2 Bases teóricas.....	12
2.2.1 El maíz (<i>Zea maíz</i> L).....	12
2.2.2 Cultivo de maíz.....	13
2.2.3 Clasificación taxonómica.....	13
2.2.4 Características generales de la planta de maíz.....	14
2.2.5 El maíz morado en el Perú.....	15
2.2.6 Variedades de maíz morado.....	15
2.2.7 Variedades tradicionales o nativas.....	16

2.2.8 Variedades mejoradas.	17
2.2.9 Fases fenológicas o desarrollo del maíz.	19
2.2.10 Agronomía del cultivo de maíz morado.	20
2.2.11 Las Antocianinas.	22
2.2.12 Las Antocianinas en el maíz morado.	23
2.2.13 Agricultura limpia y agroecología.	24
2.2.14 Micorrizas.	24
2.2.15 Complejo micorrízico en los cultivos.	25
2.2.16 Beneficios de la micorriza para el cultivo.	25
2.2.17 Beneficios de la micorriza para el suelo.	25
2.3 Definición de términos.	26
2.3.1 Antocianinas.	26
2.3.2 Comportamiento productivo.	26
2.3.3 Inoculación.	26
2.3.4 Micorriza.	26
2.3.5 Variedades de maíz morado.	27

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1 Tipo de la investigación.	28
3.2 Diseño de la investigación.	28
3.2.1 Factores en estudio.	29
3.2.2 Combinación de factores.	29
3.2.3 Distribución de tratamientos.	30
3.3 Población y muestra.	30

3.3.1 Población.....	30
3.3.2 Muestra.....	30
3.3.3 Características del campo experimental.....	31
3.4 Descripción de instrumentos para recolección de datos	32
3.4.2 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	32
3.4.3 Hipótesis estadística.	33
3.5 Manejo del experimento.....	34
3.5.1 Preparación de materiales de estudio.	34

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados.....	43
4.1.1 Efecto de la inoculación de un complejo micorrízico en las fases fenológicas de cuatro variedades de maíz morado	43
4.1.2 Análisis del comportamiento productivo.	45
4.1.3 Determinar el contenido de antocianina del maíz morado.....	55
4.2. Contratación de hipótesis.....	59
4.3. Discusión de resultados	63
4.3.2 Análisis del comportamiento productivo.	64
4.3.3 Determinar el contenido de antocianina del maíz morado.....	66

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	68
5.2. Recomendaciones	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

APÉNDICES.....	78
MATRIZ DE CONSISTENCIA	92
INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS	93

CONTENIDO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Operacionalización de las variables	7
Tabla 2 Combinación de factores.....	30
Tabla 3 Esquema del análisis de varianza.....	33
Tabla 4 Estados fenológicos del maíz morado.....	38
Tabla 5 Características climáticas	41
Tabla 6 Análisis de varianza para la emergencia del maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021	44
Tabla 7 Análisis de varianza para floración masculina del maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021	44
Tabla 8 Análisis de varianza para la floración femenina del maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021	45
Tabla 9 Análisis de varianza para la madurez fisiológica del maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021	46
Tabla 10 Análisis de varianza para la altura de planta del maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021	48
Tabla 11 Análisis de varianza para número de mazorcas por planta de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021.....	49
Tabla 12 Análisis de varianza para peso en gramos de mazorca de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021	50
Tabla 13 Prueba de comparación múltiple de Tukey para el peso en gramos de la mazorca de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La	

Yarada Los Palos 2021	50
Tabla 14 Análisis de varianza para peso de tusa en gramos de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021	51
Tabla 15 Análisis de varianza para peso en gramos del grano de mazorca de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021.....	52
Tabla 16 Prueba de comparación múltiple de Tukey para el peso en gramos de grano de mazorca de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021.....	53
Tabla 17 Análisis de varianza del rendimiento en kilogramos por hectárea de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021.....	54
Tabla 18 Prueba de comparación múltiple de Tukey para el rendimiento por hectárea de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021	55
Tabla 19 Análisis de varianza del contenido de antocianina en grano del maíz morado inoculado con complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021	56
Tabla 20 Análisis de varianza del contenido de antocianina en tusa de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021.....	57
Tabla 21 Prueba de comparación múltiple de Tukey para el contenido de antocianina en tusa de la interacción entre los factores complejo micorrízico y variedad del maíz morado, La Yarada Los Palos 2021	57

CONTENIDO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Distribución de los tratamientos en campo.....	30
Figura 2 Plano georreferenciado con coordenadas UTM.	32
Figura 3 Resultados del análisis de caracterización en suelos	41
Figura 4 Interpretación de los análisis de caracterización	41
Figura 5 Desarrollo Fenológico del maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021	47
Figura 6 Pesos de mazorca del maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021	51
Figura 7 Pesos de grano de mazorca de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021	53
Figura 8 Rendimiento en kilogramos por hectárea de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021	55
Figura 9 Contenido de antocianina en tusa de la interacción entre los factores variedad y complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021.....	58

CONTENIDO DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice A. Tablas	
Tabla A1 Datos de la emergencia del maíz morado	78
Tabla A2 Datos de la floración masculina del maíz morado	78
Tabla A3 Datos de la floración femenina del maíz morado.....	78
Tabla A4 Datos de la madurez fisiologica del maíz morado	78
Tabla A5 Datos de la altura (cm) del maíz morado	79
Tabla A6 Número de frutos (unidad) por planta del maíz morado	79
Tabla A7 Datos del peso de la mazorca (g) del maíz morado	79
Tabla A8 Datos del peso de grano de mazorca (g) del maíz morado	79
Tabla A9 Datos de la fenología del maíz morado.....	80
Tabla A10 Datos del peso de tusa de la mazorca (g) del maíz morado	81
Tabla A11 Datos del rendimiento (kg/ha) del maíz morado.....	81
Tabla A12 Contenido de antocianina (mg/100g) en grano de maíz morado	81
Tabla A13 Contenido de antocianina (mg/100g) de la tusa de maíz morado	81
Apéndices B. Figuras	
Figura B1Análisis físico químico del suelo	82
Figura B2 Métodos utilizados en el análisis de suelo	83
Figura B3 Análisis de agua	84
Figura B4 Análisis de antocianinas.....	85
Apéndices C. Fotografías	
Fotografía C1. Preparación del terreno	86
Fotografía C2. Utilización de tractor para la preparación del terreno.....	86

Fotografía C3. Distribución de las unidades experimentales.....	87
Fotografía C4. Identificación de los tratamientos en estudio.....	87
Fotografía C5. Inoculación de la semilla con micorriza para la siembra.....	88
Fotografía C6. Siembra de la semilla de maíz morado	88
Fotografía C7. Emergencia del maíz morado	89
Fotografía C8. Medición de la altura de planta.....	89
Fotografía C9. Floración masculina y femenina	90
Fotografía C10. Madurez fisiológica y cosecha de maíz morado	90
Fotografía C11. Secado de maíz morado	91
Fotografía C12. Muestras para el análisis de antocianina.....	91

RESUMEN

La presente investigación fue realizada en la asociación agroindustrial comercial “pozo 4” zona “Z” distrito La Yarada Los Palos, provincia y departamento de Tacna. Siendo el objetivo evaluar el efecto de la inoculación de un complejo micorrízico en el comportamiento productivo y el contenido de antocianina de cuatro variedades de maíz morado. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo factorial de 2 x 4 con ocho tratamientos y tres repeticiones. Los factores en estudio fueron: a) Complejo micorrízico (con complejo micorrízico y sin complejo micorrízico) b) Variedades (INIA 601, PMV 581, INIA 615 y Canteño) obteniéndose veinticuatro tratamientos. Resultando los siguientes promedios en las fases fenológicas, la emergencia a los 7 días posterior a la siembra (dps), la floración masculina y femenina a los 86 y 92 dps respectivamente y la madurez fisiológica a los 142 dps. Alcanzaron alturas de 218 cm en promedio, la cantidad de mazorcas por planta fue 1,94 unidades, el mayor peso de mazorca lo obtuvo la variedad PMV 581 con 166,10 g; la media del peso de tusa fue 20,14 g. los mayores pesos de grano de mazorca mostraron las variedades PMV 581 (145,78 g) y INIA 601 (132,58 g). Son estadísticamente similares los rendimientos de las variedades PMV 581 (5 616,04 Kg), INIA 601 (5 536,27 Kg) y Canteño (5 066,34 Kg). La media del contenido de antocianina en grano fue 183,43 mg/100g. En la tuza el mayor contenido de antocianina presentó la variedad INIA 615 (304,91 mg/100g).

Palabras clave: Maíz morado, complejo micorrízico, rendimiento, nivel antociánico.

ABSTRACT

The present research was carried out in the commercial agroindustrial association "pozo 4" zone "Z", La Yarada Los Palos district, province and department of Tacna. The objective was to evaluate the effect of inoculation of a mycorrhizal complex on the productive behavior and anthocyanin content of four varieties of purple corn. A randomized complete block design (DBCA) was used with a 2 x 4 factorial arrangement with eight treatments and three replications. The factors under study were: a) Mycorrhizal complex (with mycorrhizal complex and without mycorrhizal complex) b) Varieties (INIA 601, PMV 581, INIA 615 and Canteño), obtaining twenty-four treatments. The following averages were obtained in the phenological phases: emergence at 7 days after sowing (dps), male and female flowering at 86 and 92 dps respectively, and physiological maturity at 142 dps. They reached heights of 217,50 cm on average, the number of ears per plant was 1,94 units, the highest corn weight was obtained by the variety PMV 581 with 166,10 g; the average weight of corn was 20,14 g. The highest corn grain weights were obtained by the varieties PMV 581 (145,78 g) and INIA 601 (132,58 g). The yields of PMV 581 (5 616,04 kg), INIA 601 (5 536,27 kg) and Canteño (5 066,34 kg) were statistically similar. The mean anthocyanin content in grain was 183,43 mg/100g. The highest anthocyanin content was found in the INIA 615 variety (304,91 mg/100g).

Keywords: Purple corn, mycorrhizal complex, yield, anthocyanin level.

INTRODUCCIÓN

En el Perú se ha sembrado el maíz morado (*Zea mays* L.) durante miles de años, de acuerdo al MIDAGRI (2021), la producción nacional total del maíz asciende a 1 881 mil toneladas y el maíz morado solo representa el 1,3%; es decir su cultivo es muy limitado. Así mismo, las últimas indagaciones indican que el maíz morado tiene un pigmento vegetal que tiene más cantidad de antocianina que otras plantas. Estos pigmentos pueden reemplazar a los colorantes artificiales que pueden causar cáncer, conforme a lo mencionado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

El distrito de La Yarada Los Palos debido a las características climáticas y de suelo está vinculado a la actividad agrícola, donde el suelo posibilita el desarrollo y producción de diversos cultivos de exportación, además los agricultores tienen conocimientos y habilidades en el manejo agronómico e introducción de nuevos cultivos que les permitan generar rendimientos e ingresos aceptables.

Además, nos muestra el contenido de antocianina bajo las circunstancias del clima, suelo y otros factores de la producción, que de acuerdo a Otiniano (2012) este fruto, integrado por un 85% de grano y un 15% por coronta, tiene un pigmento llamado antocianina, que está en grandes cantidades en la coronta y en menor medida en el pericarpio del grano, y está considerado como uno de los alimentos más importantes en la alimentación, por la notable importancia que está teniendo en estos tiempos la gastronomía peruana a nivel internacional.

Los rendimientos promedios de maíz con una agricultura tradicional en promedio están entre 2,5 – 3,0 t/ha, y en suelos de altura de 1,0 – 2,0 t/ha en

promedio. De allí, la necesidad de realizar este trabajo de investigación que reporta rendimientos superiores a 5,0 t/ha con el uso de tecnología mejoradas para alcanzar beneficios económicos importantes.

Este trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación de un complejo micorrízico en el comportamiento productivo y el contenido de antocianina de cuatro variedades de maíz morado, de los resultados obtenidos, nos permitirá evaluar la información inicial para determinar que variedad se adapta mejor a nuestra zona de estudio desde el punto vista de contenido de antocianina y cómo influye la inoculación de micorrizas en el cultivo de maíz morado.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de la realidad del problema

Actualmente en el valor de los alimentos que tiene propiedades nutraceuticas se está incrementando, debido a la inseguridad alimentaria que empeora la calidad de la dieta aumentando los riesgos de diversas enfermedades, generando desnutrición, sobrepeso y obesidad. Se estima que 3 000 millones de individuos en el mundo no pueden costear una dieta saludable.

El maíz morado en los últimos tiempos ha adquirido singular relevancia, debido a que la Organización Mundial de la Salud (OMS) mediante sus investigaciones verificaron que el maíz morado tiene mayor cantidad de antocianina que otros cultivos, convirtiéndose en el remplazo de los colorantes sintéticos y artificiales causantes de problemas cancerígenos en los consumidores.

La agricultura orgánica permite producir alimentos seguros y saludables e implica tecnologías y procedimientos de cultivo que buscan preservar el medio ambiente, la alimentación de los humanos y animales a través de una agricultura ecológica, sostenible, inclusive González y Ferrera (1995) afirma que las micorrizas incrementan la eficacia de la asimilación del fósforo, favoreciendo la reserva de fertilizantes fosforados y disminución de su consumo por la producción, así mismo participa en el control biológico de agentes infecciosos de la raíz, fija biológicamente el nitrógeno, produce hormonas y fortalece la resistencia a sequía.

Por otro lado, los productores del distrito La Yarada Los Palos debido al aumento de precios de los fertilizantes, y al incremento del costo de producción de los diversos cultivos, están en la búsqueda de otros cultivos alternativos que les permita mejorar sus ingresos económicos, bajo estas circunstancias es necesario realizar trabajos de investigación que generen información actualizada, para recomendar la siembra de variedades nuevas que tengan mejor adaptación a nuestra zona en estudio, mejorando rendimientos y sostenibilidad económica.

1.2 Definición del problema

El cultivo del maíz morado se está incrementando en los últimos años, porque ha tomado importancia en nuestra dieta familiar, también porque nuestra gastronomía se ha extendido a nivel mundial y por la cantidad notable de antocianina que muestra este alimento, y los productores del distrito La Yarada Los Palos, están buscando introducir otras nuevas alternativas de cultivos y tecnologías que les permita mejorar sus ingresos económicos, bajo estas circunstancias se planteó realizar el presente trabajo de investigación para generar información alternativa,

con la introducción de nuevas variedades de maíz morado y buscar la compatibilidad con este cultivo y adaptación a la zona con la incorporación de micorrizas.

1.2.1 Problema general.

¿Cuál será el efecto de la inoculación de un complejo micorrízico en el comportamiento productivo y contenido de antocianina de cuatro variedades de maíz morado en condiciones del distrito de La Yarada Los Palos - Tacna?

1.2.2 Problemas específicos.

¿Cuál será el efecto de la inoculación con un complejo micorrízico en las fases fenológicas de cuatro variedades de maíz morado?

¿Cuál será el efecto de la inoculación con un complejo micorrízico en el comportamiento productivo de cuatro variedades de maíz morado?

¿Cuál será el efecto de la inoculación con un complejo micorrízico en el contenido de antocianina de cuatro variedades de maíz morado?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general.

Evaluar el efecto de la inoculación de un complejo micorrízico en el

comportamiento productivo y el contenido de antocianina de cuatro variedades de maíz morado.

1.3.2 Objetivos específicos.

Evaluar el efecto de la inoculación de un complejo micorrízico en las fases fenológicas de cuatro variedades de maíz morado.

Evaluar el efecto de la inoculación de un complejo micorrízico en el comportamiento productivo de cuatro variedades de maíz morado.

Evaluar el efecto de la inoculación de un complejo micorrízico en el contenido de antocianina de cuatro variedades de maíz morado.

1.4 Justificación

1.4.1 Económica.

El Perú cuenta con diversas variedades de maíz y una de ellas es el maíz morado, el cual viene aumentando su demanda a nivel nacional como internacional por sus propiedades antioxidantes, con la introducción de nuevas variedades en la región Tacna, se pretende mejorar la rentabilidad económica de sus agricultores.

1.4.2 Social.

La siembra del maíz morado está tomando importancia en la actualidad para su consumo por su contenido de antocianinas (antioxidantes), su producción en la zona

de estudio influiría positivamente en los agricultores, obligándolos a asociarse y reprogramar su cédula de cultivos, para incorporarlo en su agenda de producción.

1.4.3 Ambiental.

La siembra del maíz morado se constituye en una fuente de producción de antioxidantes naturales como alternativa para sustituir la utilización de colorantes sintéticos que tienen antecedentes cancerígenos y mejor aún si se le agrega complejos de micorrizas como opción para reducir el empleo de fertilizantes químicos, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental de la región.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances.

La información generada identifica el comportamiento productivo y el nivel de la antocianina en cuatro ejemplares de maíz morado y el beneficio que producen las micorrizas en los cultivos, facilitando la nutrición y desarrollo de las plantas; aumentando la tolerancia al estrés hídrico y a los agentes patógenos.

1.5.2 Limitaciones.

Las referencias y los antecedentes de estudios sobre el maíz morado en el lugar de estudio son escasos, debido a que los agricultores no producen este tipo de maíz, el factor climático a causa de las variaciones de temperatura afectó el periodo de riego y el control fitosanitario de las plagas.

1.6 Variables

1.6.1 Variables independientes.

Maíz morado (cuatro variedades)

Complejo micorrízico

1.6.2 Variables dependientes.

1.6.2.1. Fenología.

Emergencia

Floración masculina

Floración femenina

Madurez fisiología

1.6.2.2. Comportamiento productivo.

Altura de planta

Número de mazorcas

Peso de mazorcas

Peso de tusa.

Rendimiento

1.6.2.3. Contenido de antocianina.

Contenido de antocianinas en grano de mazorca

Contenido de antocianinas en tusa de mazorca

1.6.3 Operacionalización de variables.

Tabla 1*Operacionalización de las variables*

Variab les	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento
independiente:				
Variedad	Semilla	Peso	G	Balanza
Comp micorrízico	Dosis	Producto	Kg	Balanza
Dependiente:				
Fenología	Etapas fenológicas	Emergencia (VE)	Días posterior a la siembra (dps)	Conteo dps
		Floración masculina (VT)		Conteo dps
		Floración Femenino (R1)		Conteo dps
		Madurez fisiológica (R6)		Conteo dps
Comportamiento productivo	Características biométricas	Altura de planta	cm	metro
		N° de mazorcas	Unidad	Conteo
		Peso de mazorcas	Gramos	Balanza
		Peso de tusa.	Gramos	analítica
		Rendimiento	Kg/ha	Balanza analítica
Contenido de antocianina	Partes de la coronta	Grano	mg/100g	Extracto grano
		Tusa	mg/100g	Extracto tusa

1.7 Hipótesis de la investigación

1.7.1 Hipótesis general.

El comportamiento productivo y nivel antociánico de cuatro variedades de maíz morado está influenciado por la inoculación de un complejo micorrízico en condiciones del distrito de La Yarada Los Palos – Tacna

1.7.2 Hipótesis específicas.

La inoculación de un complejo micorrízico tiene efecto en las etapas fenológicas de cuatro variedades de maíz morado.

La inoculación de un complejo micorrízico tiene efecto en el comportamiento productivo de cuatro variedades de maíz morado.

La inoculación de un complejo micorrízico tiene efecto en el contenido de antocianina de cuatro variedades de maíz morado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Nacionales.

Piña (2018) en su trabajo de tesis “*Comparativo de rendimiento y contenido de antocianinas en 6 variedades de maíz morado (Zea mays L.) en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos, región Cajamarca*” Empleó el diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos (variedades) y cuatro repeticiones; las variedades fueron: INIA-601, INIA-615 Negro Canaán, UNC47, Canteño y PMV 581 y Maíz morado mejorado, variedad experimental de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca-INIA, arribando a siguientes conclusiones, la variedad más sobresaliente fue INIA601 y UNC-47 con un rendimiento de grano seco de 2562,70 y 2018,30 kg ha⁻¹ y el más bajo Canteño con 925 kg ha⁻¹. En la cantidad de antocianinas a nivel de coronta y brácteas alcanzó el primer lugar la variedad INIA 601, con 6.39 % en coronta y 2.94 % en brácteas.

Pérez (2018) en su tesis “*Comportamiento agronómico y contenido de antocianina de tres eco tipos de maíz morado (Zea mays L.) bajo condiciones semiáridas de Arequipa - 2013*”, utilizo el diseño de bloques completos al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones, trabajó utilizando estiércol de vacuno 25,3 t. ha⁻¹ como abonamiento de fondo, en el ecotipo Majes se observa la media más alta de 87,50 % el brotamiento se presentó a los 8 días estadísticamente similar a Tambo y Canta con 83,25 % y 79,0 % respectivamente, el mayor concentración de antocianina presenta el ecotipo Canta con 188,21 mg.kg⁻¹. En rendimiento sobresalió el ecotipo Majes con 6,69 t ha⁻¹ respecto a los ecotipos Canta y Tambo.

Rabanal y Medina (2021) en su investigación “*Evaluación del rendimiento, características morfológicas y químicas de variedades del maíz morado (Zea mays L.) en la región Cajamarca-Perú*”, en las conclusiones menciona, el mayor rendimiento presento la variedad INIA-601 con 5,3 Mg ha⁻¹ en Llanupacha y de 4,5 Mg ha⁻¹ en Llollón, las variedades con mejor altura de planta y mazorca fue el maíz morado mejorado (MMM); (2,33 y 1,2 m) e INIA-601 (2,35 y 1,25 m) en Llollón; sin embargo alternativa en Llanupacha, se observaron el MMM (1,93 y 0,88 m) y el INIA-601 (1,9 y 0,88 m), respectivamente, en la variedad INIA-615 se observó el florecimiento femenino y masculino más precoz en ambos niveles altitudinales, con 101,5 y 93,3 días en Llollón y con 125,6 y 118,3 días en Llanupacha, respectivamente; además, esta variedad presento el menor porcentaje de pudrición de 2,3 % en Llanupacha y 5,9 % en Llollón. La variedad INIA-601 muestra tener la mayor cantidad de antocianinas tanto en el olote como en las brácteas, con valores (6,7 y 7,5 mg g⁻¹) y (2,9 y 2,5 mg g⁻¹), en Llanupacha y Llollón, respectivamente.

Delgado (2021) en su trabajo de investigación “*Comparativo de rendimiento y adaptabilidad de tres variedades de maíz morado en el distrito de San Juan – Cajamarca*”, utilizó un (DBCA); con tres variedades (INIA-601, Morado Mejorado y Canteño). Su producción difiere entre 6,45 y 4,26 t/ha, como primer puesto la variedad de INIA-601 con 6,45 t ha⁻¹, la segunda posición, fue para la variedad Maíz Morado Mejorado (MMM) con 5,37 t ha⁻¹ y como tercer puesto para la variedad Canteño con 4,26 t ha⁻¹. Las variedades INIA 601, morado mejorado y canteño se aclimatan bien al caserío Cachilgon, del Distrito San Juan.

Mendoza (2017) en su trabajo de investigación “*Determinación de la Precocidad, rendimiento, contenido de antocianina y la rentabilidad económica de seis variedades de maíz morado*”, uso un Diseño Bloque Completo Randomizado, la variedad más precoz fue INIA-615, la variedad INIA-615 logró mejores rendimientos en mazorca, grano y tuza, en el cultivar Arequipeño se observó el mayor contenido de antocianinas en grano, además la variedad Canteño mostro la mayor cantidad de antocianinas en tusa, las variedades que generan mayor rentabilidad son INIA-615 y Canteño, la media para la altura fue de 210,83 cm.

Pinedo (2015) en su tesis titulada “*dosis de fertilización en dos variedades de maíz morado en la localidad de Canaán – Ayacucho*” apreció las variables biométricas, agronómicas y la cantidad de antocianina de dos ejemplares de maíz morado INIA-615 Negro Canaán y PMV- 581 con cuatro fórmulas de fertilización (NPK); diseño de bloque completo al azar con arreglo factorial 2v x 4f, 8 tratamientos y 4 repeticiones, las variedades PMV581 e INIA-615 Negro Canaán, donde la mayor producción de mazorca se mostró en la variedad INIA-615-Negro

Canaán con 3,67 t/ha continuado por la variedad PMV-581 con 2,78 t/ha, con el nivel de fertilización f3 (3,69 t ha⁻¹) se encontró el mejor rendimiento de mazorcas, seguido por los niveles f4 y f2 estadísticamente iguales, con el nivel de fertilización f2 (120-110-80) se consiguió 2,21 la mayor cantidad de antocianina en equivalentes de cianidina-3-glucósido mg/100g estadísticamente similar a las dosis de fertilizantes f4 (120-120-100) 1,64 y f3 (120-90-60) 1,62; en la concentración de antocianina en equivalentes de cianidina-3-glucósido mg/100g, la variedad Negro Canaán con 1,82 y la variedad PMV-581 con 1,67; estadísticamente son similares.

Valera (2019) en su trabajo de investigación “*Efecto de la altitud en la producción y en la concentración de antocianinas de maíz morado (Zea mays L.) en el distrito de Ichocán*”, empleó un (DBCA) con 6 ejemplares de maíz morado y 4 repeticiones; las variedades fueron: INIA 615 Negro Canaán, INIA601 Negro Cajamarca, Canteño, PMV 581, UNC 47 y Maíz Morado Mejorado, la altitud de los caseríos se encuentran a: Llollón (2765 m), Montoya (2420 m), Sunchupampa (2540 m), la chilca (2495 m). Poroporo (3180 m), la Victoria (3050 y a 3010 m), Poroporito (2880 m) y Llanupacha (2920 m), los mayores rendimientos se lograron en La Chilca a 2495 m de altitud con las variedades morado mejorado con 2,53 t ha⁻¹ e INIA – 601 con 2.41 t ha⁻¹, así mismo la variedad INIA – 601 en las brácteas alcanzó 2,38 %, respecto a la concentración de antocianina en la coronta las variedades UNC - 47, Morado mejorado, INA-615, INIA-601 y Canteño presentaron 6,2; 6,18; 6.14; 5.97 y 5.33 % consecutivamente.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 El maíz (*Zea maíz L.*)

De acuerdo a los estudios realizados del maíz híbrido en los Estados Unidos de América y posteriormente en Europa, el maíz es considerada como el primer cereal que fue cultivado utilizando diversas e importantes tecnologías, debido a su buen rendimiento de carbohidratos en relación a la unidad de superficie por día, además es considerada una planta C4 con una elevación de la tasa de actividad fotosintética (Ledezma, 2013).

2.2.2 Cultivo de maíz.

La denominación científica del maíz se origina del griego *Zeo*, que quiere decir vivir y de la palabra *Mahíz*, palabra que utilizaban para denominarlo los oriundos del Caribe, se origina en el centro México, Estado de Puebla, Municipio de Coxcatlán, valle de Tehuacán, este valle presenta un clima seco con un promedio de lluvias muy escaso, en estas tierras calientes y secas viven especies vegetales de la zona (Pliego, 2015).

2.2.3 Clasificación taxonómica.

El maíz según el Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS, 2020):

Reino: Plantae

Subreino: Viridiplantae

Infrareino : Streptophyta

Superdivisión : Embryophyta

División: Traqueofitas

Sub división: Espermatofitina

Clase: Magnoliopsida

Superorden: Lilianae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Zea* L.

Especie: *Zea mays* L.

Nombre común: español: “maíz morado” quechua: “kcullisara” ‘culli

2.2.4 Características generales de la planta de maíz.

Hermafrodita es la planta de maíz, es decir que tiene flores masculinas y femeninas diferenciados en la misma planta, la flor masculina llamada panoja elabora el polen, así mismo la flor femenina conocida como mazorca origina los óvulos que se transforman en semilla (Pionner, 2015).

Las raíces necesitan suelos estructurados, fértiles y profundos, que impidan encharcamientos a su vez sean capaces de acumular agua, y que facilita la absorción óptima de los nutrientes (Ortas, 2008).

2.2.4.1 Sistema radicular.

La raíz es una estructura radicular compleja de rápido crecimiento, es fasciculado, la planta de maíz está conformado por tres formas de raíces: raíces primarias generada por la semilla y conforma las raíces seminales, la raíz principal generada por la corona y las raíces aéreas o adventicias se desarrollan en la parte terminal lugar del nudo en la base del tallo (Ortas, 2008).

2.2.4.2 El tallo.

La altura del tallo puede elevarse hasta 4 m y superar en algunas variedades, es nudoso y compacto, conformado por entrenudos, alejados por nudos casi cercanos al ras del suelo, los entrenudos son reducidos y de los nudos inferiores nacen las raíces aéreas, una epidermis exterior, impermeable y transparente son las tres capas que componen el tallo (Santistevan, 2015).

2.2.4.3 Las hojas.

En el maíz, las hojas son alargadas, alternas, paralelinervias y lanceoladas, con una vaina agarrada al tallo, presentando vellosidades en el haz, además cuenta con una lígula, las hojas son muy cortantes y afiladas en su extremo (Risco et al., 2007).

2.2.4.4 Inflorescencias.

Rimache (2008), refiere que el maíz en la misma planta tiene flores unisexuales, es decir son monoicas, las flores femeninas o pistiladas llamadas mazorcas reunidas en una espiga modificada, las flores masculinas denominada panoja o penacho es una inflorescencia agrupada.

2.2.4.5 Fruto.

Rimache (2008), menciona que el fruto es una mazorca cuya estructura es sólida, por efecto mutagénico generada por ramas laterales que es sometido a la reducción de los entrenudos y aparece las ramas de las panojas, estas conforman la coronta sobre el cual descansan en pares los granos dispuestos en hileras.

2.2.5 El maíz morado en el Perú.

Manrique (2000) afirma que el maíz morado en el Perú, probablemente se remonta a la época colonial, cuando los campesinos labraban en los valles andinos de la costa central entre los 1 000 y 2 400 m de altitud, y especialmente en el Valle de Canta, donde seleccionado y caracterizado este maíz se le puso el nombre "Morado Canteño", probablemente derivó de la raza Kcully sea la quinta raza ancestrales de maíz, de la cual derivan todas las demás razas existentes actualmente en el mundo. Tienen pigmentos de antocianina en las semillas y en el tallo.

2.2.6 Variedades de maíz morado.

Según Pinedo (2015), en el Perú se encuentran cuantiosos ejemplares de maíz morado, tales como: Morado Mejorado, Morado Canteño, Morado Caráz, Arequipeño, Cuzco Morado, Negro Junín y Negro Canaán, donde el maíz morado Canteño es el más comercial.

2.2.7 Variedades tradicionales o nativas.

La siguiente clasificación se realizó con la información que se encuentran en sus trabajos de investigación de Begazo (2013), Pozo (2015) y Pinedo (2015), a continuación se mencionan las características de los maíces morados nativos:

2.2.7.1 Cuzco morado.

Es un maíz de maduración tardía, acondicionados con granos grandes en la mazorca en hileras bien ordenadas, se adapta eficientemente en lugares con moderada altitud entre 1800 a 2500 msnm, en los departamentos de Cusco y Apurímac, su rendimiento promedio es de 2 a 4 t ha⁻¹.

2.2.7.2 Morado Canteño.

Es un maíz cultivado en varios pueblos de la sierra peruana, en los lugares altos del valle del Chillón hasta los 2500 m.s.n.m. es precoz y su periodo de floración es de 110 a 120 días, la altura puede llegar hasta 1,80 a 2,50 m, su producción promedio es de 3.350 t ha⁻¹.

2.2.7.3 Morado de Caráz.

Variedad semi precoz, generadas con las variedades Ancashino y Alazán, tiene pigmentación en el marlo, se desarrolla adecuadamente en Caráz (Ancash), en el Callejón de Huaylas y es posible cultivar en la costa, su producción es superior a

las demás variedades tradicionales, el rendimiento esta entre 1,8 a 3,5 t ha⁻¹.

2.2.7.4 Arequipeño.

Es un maíz más temprano que los mencionados anteriormente, y morfológicamente es parecida a la variedad cusqueña, sin embargo, pequeño, la coronta presenta la coloración no muy intensa respecto a otras variedades, en promedio su rendimiento es de 2.7 t ha⁻¹.

2.2.7.5 Huancavelicano.

Esta variedad a diferencia de otras, se adapta a altitudes que superan los 2500 m.s.n.m. se cultivan en la sierra centro y sur, hasta Arequipa.

2.2.7.6 Negro de Junín.

Esta variedad es inherente de la Sierra Centro y Sur hasta Arequipa, es temprana, tiene la mazorca redondeada y corta con grandes granos negros, dispuestos de forma irregular.

2.2.8 Variedades mejoradas.

La información sobre las variedades mejoradas se recopiló de los trabajos de investigación de Begazo (2013), Pozo (2015) y Pinedo (2015). A continuación se presentan alcances de los maíces morados mejorados:

2.2.8.1 PMV – 581.

Es una variedad desarrollada por la UNALM, precede del Morado de Caraz, período vegetativo medio, altura de 2.0 a 2.4, el largo de las mazorcas es de 15 a 20 cm con buena pigmentación, adaptado a una altitud de 2500 m, resiste a la

cercospora y a la roya, la producción promedio es de 6 t ha⁻¹.

2.2.8.2 PMV – 582.

Una variedad mejorada por la UNALM, derivada del maíz morado de Caraz, consigue alturas hasta casi 2.0 m, es precoz la floración masculina entre 90 a 100 días, con medianas mazorcas de 15 a 20 cm, buena concentración de antocianina, producción media de 4 t/ha.

2.2.8.3 INIA – 615.

La variedad mejorada por el INIA, es el resultado del manejo genético de 36 ejemplares de la raza Kulli recolectadas en Huanta (22), Huamanga (22) y San Miguel (8) desarrollados a lo largo de 98 ciclos, cuyos antecesores femeninos resultaron de las variedades como Kulli, Negro y Morado, que se desarrolla a los 2000 y 3000 m de altitud en los valles interandinos de la Sierra.

2.2.8.4 INIA – 601.

Llamado también INIA negro Cajamarca, esta variedad fue realizada en 1990 en la Subestación experimental Cajabamba, deriva de 256 estirpes, de los ejemplares locales Negro de Parubamba 148 y Morado Caraz 108, se generó mediante selección recurrente de medios hermanos, considerando principalmente el tono morado oscuro de tusa y grano, planta vigorosa, precocidad y sanidad de mazorca, (Abanto, Medina y Injante, 2014).

Agronómicamente la planta crece hasta 216 cm (mazorca a 124 cm); floración femenina a los 98 días; madurez a los 170 días; hojas lanceoladas (12 hojas/planta) con 1 a 2 mazorcas; ligeramente cónica de 17,5 cm de largo y 4,6 cm

de diámetro, 10 a 12 hileras con 26 granos por hilera; tusa color morado intenso; 78 % de desgrane; semillas con 456,2 g por 1000 granos; puede alcanzar rendimiento de 6,0 t ha⁻¹ y en campo es de 3,0 t ha⁻¹ (Abanto et al., 2014).

2.2.9 Fases fenológicas o desarrollo del maíz.

Justiniano (2010) ha identificado la fenología empleando el tiempo, considerando la cantidad de días después de la siembra (dds); en el cual para llegar al brotamiento es necesario un periodo de 7 dds, el crecimiento de la planta o desarrollo vegetativo se determinó con el surgimiento de las hojas hasta la aparición de la panoja, para llegar al estado V2 es necesario 9 dds, presenta las dos hojas completamente desplegadas; la diferenciación floral inicia en el estado V4 que requiere de 22 dds, el desarrollo de las plantas es vertiginoso, se inicia en el estado de V6 a los 43 dds; el desarrollo de la floración masculina y el brote de la mazorca ocurre en la etapa de V8 a los 62 dds; el incremento de la aglutinación de materia seca inicia en la etapa de V10 a los 79 dds.

Justiniano (2010) refiere que el número óvulos y el porte de la mazorca se presenta en la etapa V12 a los 84 dds; el crecimiento de mazorcas inicia en el estado de V14 a los 89 dds y es el estado más importante en términos de rendimiento; la hoja final en la planta empieza a desplegarse en el estado V16 a los 93 dds e inicia el crecimiento acelerado de las mazorcas y finalmente cuando la planta termina su crecimiento, es el estado de VT a los 96 dds, además la tusa y los estigmas aceleran su crecimiento e inicia el esparcimiento del polen.

Además, Justiniano (2010) menciona que la fase reproductiva, inicia a los 102 dds con la floración femenina (R1), los estigmas se manifiestan a 2 – 3 días para que

suceda la floración femenina y la polinización en la mazorca; el pedúnculo y las corontas están íntegramente formados a los 116 dds es la etapa de grano perlita (R2); posteriormente en la etapa lechoso (R3) se aglutina a los 129 dds el almidón en el endospermo, cuando los estigmas salgan de la mazorca estén de 2 - 3 días para que el total de la floración femenina de la mazorca pueda polinizarse; la coronta y el pedúnculo se descubren íntegramente desarrollados es el estado de grano perlita (R2) empieza a los 116 dds, después en el estado de grano lechoso (R3) surge la acumulación del almidón en el endospermo) a los 129 dds, y el grano en la parte superior es morado y en la parte inferior blanco lechoso; así mismo en el estado (R4) el grano es pastoso masoso y se presenta a los 136 dds, donde el tinte morado rodea algo más del 50% del grano y al aplastar el grano tiene una aspecto masoso; la cáscara recubre en su totalidad de color morado es el principio de estado (R5) grano dentada y se da los 150 dds; finalmente, a los 179 dds se observa en el grano la capa de abscisión de tono marrón o negro completa su crecimiento y logra la madurez fisiológica (R6).

Oscano y Sevilla (2010) indican que los valores promedio de las variables del maíz morado son: 52,7 g peso de grano, 36,7 % de emergencia, la floración masculina se presenta a los 141 y la floración femenina a los 147 días, logro la altura de planta es 155 cm, la altura de mazorca 77,9 cm. Además, las mazorcas pueden alcanzar los siguientes datos: la cantidad de 22 granos/hilera, 10 hileras/mazorca, 232 granos/mazorca, los granos pueden medir la base 38 mm, media 41 mm, punta 31 mm, longitud 121 mm, conicidad 5,7% y peso de 92 g.

2.2.10 Agronomía del cultivo de maíz morado.

Manrique (2000) afirma que se puede cultivar entre los 1 200 y 2 400 msnm. La mejor temporada para cultivar en la región de la sierra, es de agosto a octubre; y en la costa entre abril y setiembre.

Requis (2012) indica que si hay suficiente agua de riego se puede cultivar en una campaña chica en julio y en una campaña grande en octubre en altitudes de 2000 y 2800 m, se debe utilizar semillas mejoradas para asegurar la pureza de la variedad y obtener rendimientos satisfactorios. La densidad de plantación recomendada por INIA (2012) es de 50.000 plantas/ha. Con distancia entre hileras de 0,80 m y distancia entre hileras de 0,50 m, 3 semillas por golpe y mantener dos plantas/golpe.

Respecto al marco de plantación Begazo (2013) reporta el distanciamiento entre plantas de 0,30 m; igualmente reporta que el distanciamiento entre hileras tiene efecto significativo en la altura de la planta, el diámetro de la mazorca, la longitud de mazorca, peso medio de la mazorca, peso medio de grano por mazorca y el rendimiento; así con el distanciamiento de 0,70 m se logran los mayores rendimientos con 5743 kg/ha y 5524 kg/ha. Por otro lado, Manrique (2000) señala que los cultivos con mayor número de plantas, se recomienda abonar con altas cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio, se debe realizar el análisis del suelo, usar la fórmula: 180-80-60 (NPK), inmediatamente después de la siembra abonar con 90 kilos de nitrógeno, 80 kilos de fósforo, 60 kilos de potasio, y realizar el segundo abonamiento a los antes del primer aporte 90 kilos de nitrógeno.

Montes (2017) indica que aplicando abonos orgánicos se puede obtener efectos significativos, en el tamaño, diámetro y peso de mazorcas por planta, así

con 5 t/ha de compost se obtiene mazorcas de 20 cm de largo y 5,3 cm de diámetro, y una producción de 7,72 t/ha., además se comprobó los efectos positivos del uso de abonos orgánicos con incremento de la concentración del pigmento antocianina.

Medina, Narro y Chávez (2020) señala que el maíz morado (*Zea mays* L.) tiene un grano de color morado oscuro y otras partes de la planta, la cianidina-3-glucósido determina el color de las antocianinas, los cultivares se evaluaron en el departamento de Cajamarca, obteniendo 2,77 t ha⁻¹ de grano y la presencia de antocianina en la coronta es 6,12 y en las brácteas 3,18 mg/100 g.

Chipana (2008) refiere que posterior a la floración se alcanza la madurez fisiológica aproximadamente a los 40 días, con transformación de azúcares en almidones, pasando los granos del estado lechoso al pastoso concentrándose y estabilizándose el pigmento de antocianina con aproximadamente 30 % de humedad listas para ser cosechadas.

2.2.11 Las Antocianinas.

El término antocianina para Lock (1997) se origina del griego Antho que quiere decir flor y cyanin cuyo significado es azul, en 1835 fue usada por Marquant, para denominar las flores sus pigmentos azules, después se encontró no involucraba solo al azul, además incluye al violeta, púrpura, magenta y todos los matices de rosado, rojo, escarlata, que se manifiestan en bastantes flores, frutos, algunas hojas y raíces de plantas. Quispe (2003) sostiene que los colorantes como la antocianinas forma parte de la familia de los flavonoides, estas se localizan en las flores, frutos, especialmente en las bayas, además pueden ser de diferentes colores resaltantes tal como el azul, rojo y morado. Pinedo (2015) define químicamente a las

antocianidinas como sales derivadas de las antocianidinas: cianidina, delphinidina, malvidina, pelargonidina, peonidina y petunidina, la cianidina se presenta en un grado menor de evolución, otras antocianidinas en la naturaleza derivadas de la adición, eliminación del hidroxilo metilado o verificado genéticamente en el B-Estructura de anillo o Flavylium; la glucosidación de estos colorantes en las situaciones 3, 5 y 7 o la conjugación de estos pigmentos se produce en la conformación de antocianinas, dando el azúcar en la molécula solubilidad y estabilidad a las antocianinas.

2.2.12 Las Antocianinas en el maíz morado.

Quispe, Arroyo y Gorriti (2007) sostienen que la cianidina - 3 - glucósido, pelargonidina-3glucósido y peonidina-3-3,5 glucósido es un tipo de antocianina presente en mayor cantidad en la coronta del maíz cuyo interior tiene sólidos solubles, lo que posibilita su utilidad a nivel industrial.

Aoki, Kuze y Kato (2002) manifiesta que el maíz morado tiene en el pericarpio mayor contenido de antocianinas, se ha aislado he detectado entre 8 y 11 antocianinas, las descubiertas en considerable cantidad son: cianidina 3-glucósido, cianidina 3-(6"-malonil glucósido) y peonidina 3-glucósido y aquellas antocianinas que se encuentran en inferiores cantidades son: peonidina 3-(6"-malonilglucósido), pelargonidina 3 -glucósido, pelargonidina 3-(6"-malonilglucósido), sino también dos isómeros, malonil y dimalonil.

Salinas et al. (2013) argumentaron que el tipo y contenido de antocianinas en los granos de maíz difieren según el color del grano y la cantidad del pigmento en las diferentes estructuras, los granos rojos aglutinan las antocianinas en la capa

de aleurona y en el pericarpio contienen 10 veces más de antocianina que los granos de color azul/morado, estas antocianinas están únicamente en la capa de aleurona.

2.2.13 Agricultura limpia y agroecología.

Suquilanda (2003) define la agricultura agroecológica como los sucesos biológicos de los sistemas ecológicos naturales, busca interactuar y nutrir a los microorganismos del suelo para transformar en elementos esenciales asimilables por las plantas, es decir suministrando al suelo con restos animales, vegetales, abonos verdes y con la dosificación de bacterias fijadoras de N en las leguminosas, además el empleo estiércoles de animales, desperdicios orgánicos urbanos y con polvo de rocas minerales.

Quispe (2016) menciona que la sustentabilidad de los biosfera y de la modernidad del agro es debido al aumento del empleo de microorganismos benéficos como: bacterias que promueven el desarrollo vegetal, bacterias fijadoras de nitrógeno, microorganismos capaces de solubilizar el fosfato y hongos micorrízicos arbusculares, los microorganismos que viven en la rizosfera, singularmente con aquellos que se designaron como simbioses y mediante interacciones apoyan a las plantas captar nutrientes, la asociación más común e importante que existe con la mayoría de plantas son con los hongos denominados micorriza arbuscular.

2.2.14 Micorrizas.

Según Harrison (2005) el término micorriza se origina a partir del griego *mycos* (hongo) y la palabra latina *rhiza* (raíz), es una relación entre los hongos y las raíces denominada simbiosis, donde ambas estructuras se benefician.

De igual manera Selosse (2006) menciona que las micorrizas, es una relación simbiótica establecida entre los hongos y las raíces de las plantas superiores en la cual la planta aportan carbohidratos a los hongos y este a su vez ayuda a absorción agua y nutrientes.

2.2.15 Complejo micorrízico en los cultivos.

Bernal y Morales (2006) plantearon la hipótesis de que el uso de las micorrizas como biofertilizante no significa preceptivamente que se pueda interrumpir el uso de fertilizantes, sino que la fertilización puede ser más efectiva y las raciones pueden reducirse. Cuando se aplica fertilizante, solo se utiliza un 20% y el resto suele quedar fijado o exudado sin acción reparadora, pero cuando se utilizan micorrizas, las plantas tienen disponible un porcentaje mucho mayor.

2.2.16 Beneficios de la micorriza para el cultivo.

Turipana (2002), afirma que las micorrizas mejoran la absorción de nutrientes en las plantas, se usa como controlador biológico para ciertos patógenos procedentes del suelo y aumenta la resistencia de la planta a plagas y enfermedades, resultados positivos en la repartición de biomasa, promueve la permisividad a condiciones de estrés hídrico y salinidad, genera reguladores y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas, aumenta el vínculo parte aérea-raíz de la planta micorrizada, empleo potencial en suelos degradados, Apoya las interacciones microbianas beneficiosas en la rizófora.

2.2.17 Beneficios de la micorriza para el suelo.

Orellana (1990), menciona que la simbiosis entre las raíces de una planta en

particular y ciertos hongos se denomina micorriza, estas promueven la absorción del agua y sales minerales del suelo, el sistema radicular de la planta se incrementa por la intervención de las hifas del hongo, además las micorrizas funcionan como órgano de absorción, esto se confirmó comparando la cantidad de sales encontrada en los suelos de las plantas con micorrizas sin micorriza. Tusplantas (2005), refiere que las micorrizas juegan un papel importante en la ecología del suelo, realizando una amplia gama de funciones intrínsecas para la salud de varias plantas, Al bio localizarse sin dañar la corteza de una determinada raíz, los hongos micorrícicos forman parte de ella y se encuentran en todos los suelos y climas terrestres.

2.3 Definición de términos

2.3.1 Antocianinas.

Son un grupo de tintes de color rojo, hidrosolubles, considerablemente dispersado en el reino vegetal (Fennema, 1993).

2.3.2 Comportamiento productivo.

Es el comportamiento a un número de expresiones que presentan las plantas ante distintos estímulos ambientales. (Fernández, 2020).

2.3.3 Inoculación.

Llegada o transferencia de un patógeno a un huésped (Vega Márquez y Alvarez, 2021).

2.3.4 Micorriza.

Es la sociedad entre algunos hongos y las raíces de las plantas, la palabra “micorriza” fue ideado por Frank, patólogo forestal alemán, en 1877. (Trappe, 1994).

2.3.5 Variedades de maíz morado.

Hay muchas variedades, todas derivan de una línea ancestral llamada “Kculli” aún se cultiva en el Perú (Sevilla y Valdez, 1985)

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1 Tipo de la investigación

El trabajo es de tipo experimental, puesto que se someterá, a un grupo de plantas, a determinados tratamientos (variable independiente), para analizar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente) (Arias, 2012). Además es cuantitativa (Hernández, Fernández y Baptista, 2014) ya que se genera un sentido de comprensión y corresponde a la valoración de las causas de fenómenos cuidadosamente estructurados a partir de números y dígitos; y es descriptivo porque contiene hipótesis y marcos teóricos que requieren un correcto funcionamiento de las herramientas metodológicas, para comparar hipótesis según sea necesario.

3.2 Diseño de la investigación

Se empleó el diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial 4 x 2, con ocho tratamientos y 3 repeticiones, el modelo aditivo lineal fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1 \dots r; j = 1 \dots a; k = 1, \dots, b$$

Donde:

Y_{ijk} = Es el valor de la variable respuesta observada con el j-ésimo nivel del factor A, k-ésimo del factor B, -ésima repetición. μ = Es el efecto de la media general

ρ_i = Verdadero efecto de la i-ésima repetición (bloque)

α_j = Es el efecto del j-ésimo nivel del factor A

La técnica para el análisis estadístico empleado fue el análisis de varianza con un $\alpha = 0,05$ y $0,01$. Y para la comparación de los promedios se utilizó la prueba de significación de Tukey a una probabilidad $\alpha = 0,05$.

3.2.1 Factores en estudio.

Se consideró el arreglo factorial de dos por cuatro, el factor A se consideró a las variedades del maíz morado y el factor B está referido al complejo micorrízico, será de la siguiente forma:

3.2.1.1. Factor A: Variedad de maíz morado.

A1: INIA 601;

A2: PMV 581;

A3: INIA 615

A4: Canteño

3.2.1.2. Factor B: Complejo micorrízico.

B1: Sin complejo micorrízico

B2: Con complejo micorrízico

3.2.2 Combinación de factores.

Tabla 2*Combinación de factores*

Variables		Combinación	Tratamiento
Variedad	Comp. micorrízico		
a_1	b_1	a_1b_1	T_1
	b_2	a_1b_2	T_2
a_2	b_1	a_2b_1	T_3
	b_2	a_2b_2	T_4
a_3	b_1	a_3b_1	T_5
	b_2	a_3b_2	T_6
a_4	b_1	A_4b_1	T_7
	b_2	A_4b_2	T_8

3.2.3 Distribución de tratamientos.**Figura 1***Distribución de los tratamientos en campo*

BLOQUE I	T₁	T₂	T₆	T₈	T₅	T₃	T₄	T₇
BLOQUE II	T₆	T₃	T₇	T₅	T₁	T₂	T₈	T₄
BLOQUE III	T₁	T₅	T₂	T₈	T₃	T₄	T₆	T₇

3.3 Población y muestra**3.3.1 Población.**

La población estuvo constituida por 2 400 plantas de maíz morado distribuida en 3 bloques, 8 tratamiento y 24 unidades experimentales. La unidad experimental se constituyó por 100 plantas.

3.3.2 Muestra.

La muestra estuvo formada por 432 plantas distribuidas en 24 unidades experimentales y estas conformadas por 18 plantas del centro de cada unidad experimental, para evitar el efecto de borde.

3.3.3 Características del campo experimental

3.3.3.1 Área total.

Largo : 40,0 m

Ancho : 12,0 m

Área : 480,0 m²

3.3.3.2 Área del bloque.

Largo : 40,0 m

Ancho : 4,0 m

Área : 160,0 m²

3.3.3.3 Área de la unidad experimental.

Largo : 5,0 m

Ancho : 4,0 m

Área : 20,0 m²

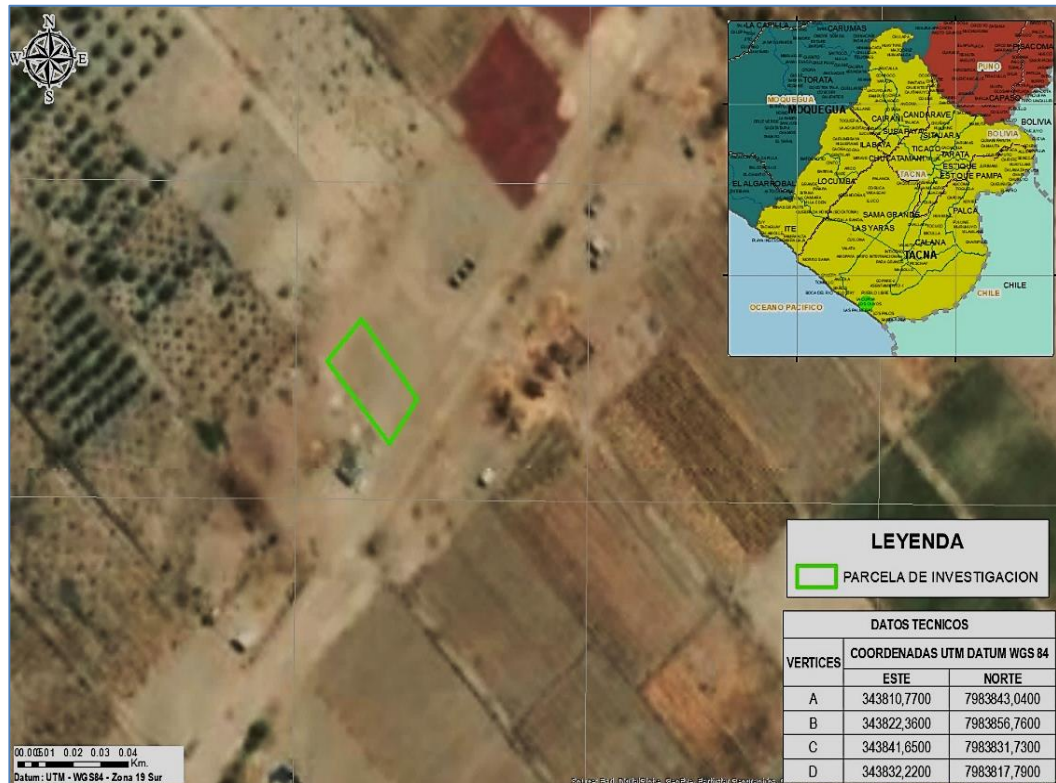
El experimento se realizó en un área de 20 m², con 5 m de largo por 4 m de ancho con cinco surcos, una separación de 0,8 m. entre surcos y 0,5 m. entre plantas, sembrando 50 golpes (diez en cada surco) con 2 plantas/golpe, lo que hace un total de 100 plantas por UE y una separación de 1 m entre cada UE.

3.3.3.4 Lugar de ejecución.

Este experimento se desarrolló en el fundo de la señora Andrea Paucara Chalco, ubicado en la Asociación Agroindustrial Comercial “Pozo 4” zona “Z” del distrito La Yarada Los Palos, provincia y departamento de Tacna; con una altitud de 62 msnm. y donde la ubicación se observa en la figura 2.

Figura 2

Plano georreferenciado con coordenadas UTM.



Nota: Imagen 2020. CNES/Airbus. Fuente: Google (2020)

3.4 Descripción de instrumentos para recolección de datos

3.4.1 Técnicas de recolección de datos.

3.4.1.1. Observación directa.

Esta técnica nos permitió recolectar los datos al observar el comportamiento de las plantas de maíz en la parcela experimental.

3.4.1.2. Observación indirecta.

Esta técnica se empleó en el laboratorio, para cuantificar la calidad del agua, suelo y el contenido de antocianinas.

3.4.2 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Para procesar los datos en gabinete se empleó el SPSS y Microsoft Excel.

- Análisis de varianza y prueba de significación.

Para el análisis estadístico, utilizamos el análisis de varianza ANOVA con prueba F a un nivel de significancia de 0,05 y 0,01, y la prueba de significación de Tukey con probabilidad $\alpha = 0,05$ para la comparación de medias múltiples.

Tabla 3

Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada
Factor A (a-1)	3	SC A	SC A/GI A	CM A/CM error
Factor B (b-1)	1	SC B	SC B/GI B	CM B/CM error
A x B (a-1)(b-1)	3	SC A x B	SC AB/GI AB	CM AB/CM error
Bloques (Bloques - 1)	2	SC Bloq	SC Bloq/GLBloq	CM Bloq/CM Error
Error (a x b) (n - 1)	14	SC error	SC error	
Total (a x b) (n) - 1	23	SC total		

Nota: Vásquez (2014)

3.4.3 Hipótesis estadística.

Para los factores.

H₀: No existen diferencias significativas entre los promedios de los factores.

H₁: Si existen diferencias significativas entre los promedios de los factores.

Para la interacción.

H₀: No existe interacción entre factores.

H₁: Si existe interacción entre factores.

Nivel de significación: $\alpha = 0,05$ y $0,01$

Regla de decisión.

$F_c \leq F_{0,05}$ se acepta la H₀

$F_{0,05} < F_c < F_{0,01}$ se rechaza la H₀, representándola por: *

$F_c > F_{0,01}$ se rechaza la H_0 representándola por: **

3.5 Manejo del experimento

3.5.1 Preparación de materiales de estudio.

3.5.1.1 Material biológico.

a. variedades de maíz morado

-INIA 601.

-PMV 581.

- INIA 615.

-Canteño.

b. Complejo micorrízico MYCO GROW

Se utilizó un complejo micorrízico comercial denominado MYCO GROW fabricada GROW MORE, importador y distribuido por la empresa CONAGRA. La inoculación se realizó mezclándolo directamente con la semilla, empleando el producto a razón de 1.5 Kg/Ha.

Características del producto MYCO GROW

MYCO GROW contiene 3 especies de endomicorrizas y 5 especies de ectomicorrizas las cuales le dan un amplio espectro de acción sobre distintas plantas hortalizas, frutales, ornamentales, forestales, etc. Myco grow está enriquecido con ácido húmico derivado de Leonardita; el cual mejora las condiciones en el suelo y raíz para un mayor éxito en el prendimiento de esporas en las raíces.

Las micorrizas son hongos benéficos del suelo los cuales se encuentran colonizando entre el 83% de plantas dicotiledóneas, el 79% de plantas

monocotiledóneas y todas gimnospermas; provocando una colaboración simbiótica con el sistema radicular de las plantas; las cuales incrementan sustancialmente la eficiencia de las plantas para la captación de nutrientes y agua del sustrato o suelo. Plantas inoculadas con micorrizas presentan una mejor resistencia a las enfermedades del suelo, lo cual favorece la asimilación de nutrientes a través de las raíces beneficiando la producción y calidad de las cosechas.

3.5.1.2 Material de campo.

Cuadernos, pesticidas, pegamentos, cintas de colores, cintas eléctricas, conectores, flexómetros, reglas, balanzas, estufas, cámaras, equipos y herramientas agrícolas, estacas de madera, hilos retorcidos, mochilas de fumigación, fertilizantes.

3.5.1.3 Material de laboratorio.

Balanza electrónica, bolsas de polietileno, cinta aislante, plumón indeleble etc.

3.5.1.4 Preparación del terreno y siembra.

En la parcela donde se instaló el cultivo se empleó tractor agrícola con arado de discos durante 20 minutos para remover el suelo, luego se realizó el mullido con rastra de discos durante 10 minutos, finalmente se realizó manualmente el surqueado con pico y pala, la distancia entre surco fue de 0,80 m.

3.5.1.5 Manejo de malezas.

Las malezas se controlaron manualmente cada 15 días en el curso del ciclo productivo del cultivo, con el propósito de prevenir el ataque de algunos insectos y para evitar que afecten a los microorganismos del suelo. Las malezas más comunes

que se observaron en mayor cantidad son: Grama dulce (*Cynodon dactylon*), Yuyo (*Chenopodium album*) y Coquito (*Cyperus rotundus*)

3.5.1.6 Riego.

Se instaló cintas de riego de la marca RO DRIP de 16 mm de espesor, la distancia entre gotero fue de 20 cm, caudal de 1 litro por hora. Al inicio se realizó riegos de una hora durante una semana para la dispersión de las sales del suelo, después del primer mes de la siembra, los riegos fueron de 30 minutos cada dos días, luego en el segundo mes se regó 50 minutos cada dos días hasta el término del desarrollo del cultivo, coincidiendo con la cosecha.

3.5.1.7 Nutrición.

Se utilizó la fórmula recomendada por Requis (2012) de la siguiente manera: N - 120, P₂O₅ - 80 y el K₂O - 60. En la preparación del terreno se incorporó 173,91 kg /ha de fosfato di amónico, 120 kg /ha de sulfato de potasio, luego se aplicó 192,82 kg/ha de urea dividido en tres partes, a los 15 días después de la siembra se aplicó 64,27 kg/ha de urea, después 64,27 kg/ha de urea a los 45 días después de la siembra y finalmente se fertilizó con 64,27 kg/ha de urea los 70 días después de la siembra.

3.5.1.8 Manejo fitosanitario.

Para la erradicación de plagas y enfermedades se actuó de manera preventiva; 7 días después de la siembra se aplicó Carbendazin a dosis de 2 litros en 200 litros de agua, esto para una hectárea con la finalidad de prevenir pudrición radicular.

Para el control de plagas se fumigó cada 15 días con insecticida, al principio se realizó una aplicación utilizando: regulador de pH (150 ml/cil) 250 ml del

insecticida TROPA SC (Fipronil 200 g/L + Lufenuron 50 g/L), 100 gramos de COLOSO 50 SG (Emamectin benzoato) y 250 ml de Cipermetrina (CIPERMEX)

3.5.1.9 Cosecha.

La cosecha se realizó manualmente después de la madurez fisiológica cuando el grano se endureció, este ocurrió a los 142 días después de la siembra.

3.5.2 Evaluación del comportamiento productivo.

3.5.2.1 Altura de planta.

Medida desde el cuello de planta hasta su ápice terminal (Inflorescencia masculina)

3.5.2.2 Número de mazorcas.

Consistente en contar el número de mazorcas que tiene la planta de maíz morado.

3.5.2.3 Pesos de mazorcas.

Se determinó pesando en una báscula analítica las mazorcas de una planta de maíz morado después de ser cosechadas.

3.5.2.4 Pesos de tusas.

Es el raquis de la mazorca, se pesó de extraer las semillas y se expresó en gramos.

3.5.2.5 Rendimiento.

Se ha obtenido pesando la cosecha y proyectándolo a una hectárea.

3.5.3 Evaluación de la fenología del maíz morado.

a. Día de emergencia

Se evaluó la tasa de emergencia promedio de cada unidad experimental y se contó el número de emergencias a los 7 días posterior a la siembra.

b. Días a la floración femenina.

Se realizó el conteo en días, desde la siembra hasta el inicio de la floración femenina, evaluando el 50% de las plantas de la unidad experimental.

c. Días a la floración masculina.

Se realizó el conteo en días, desde la siembra hasta la que las panojas desprendan el polen, evaluando el 50% de las plantas de la unidad experimental.

d. Madurez fisiológica.

Se realizó el conteo en días, desde la siembra hasta que los frutos estén de color morado intenso, evaluando el 50% de las plantas de la unidad experimental.

e. Etapas fenológicas del maíz morado.

Las etapas evaluadas en el presente trabajo de investigación son: La emergencia, floración femenina, floración masculina y la madurez fisiológica. Estas etapas están consideradas en la clasificación de Hanway (1993). Divide al maíz en estado de desarrollo vegetativo (V) y estado de desarrollo reproductivo (R):

Tabla 4

Estados fenológicos del maíz morado

Estado vegetativo	Estado reproductivo
VE: Emergencia	R1: Floración femenina
V1: Primera hoja	R2: Grano perlita
V2: Segunda hoja	R3: Grano lechoso
V3: Tercera hoja	R4: Grano masoso
V6: Sexta hoja	R5: Grano dentado
V9: Novena hoja	R6: Madurez fisiológica
V12: Duodécima hoja	

V15: Décimo quinta hoja

V18: Décimo octava hoja

VT: Floración masculina

Nota: Hanway (1993)

3.5.4 Evaluación del contenido de antocianina.

El análisis del contenido de antocianina lo realizó el laboratorio Pronex, El método empleado fue según el procedimiento establecido por la AOAC (2005). El pH diferencial es un método basado en reacciones que consienta mediciones rápidas y precisas de las antocianinas totales. La absorbancia se mide a 520 y 700 nm y no es necesaria. 0,7 o más y 0,1 o más. La cantidad total de antocianinas se calculó de la siguiente manera: Pigmento antocianinas (equivalente a cianidina-3-glucósido, mg 1 L) = $A \times MW \times DF \times 10^3 / e \times L$

Donde:

$A = (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH 1.0} - (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH 4,5}$

MW (Peso molecular) = 449.2 g 1 mol para cianidina-3-glucósido (CYD-3-glu)

DF = factor de dilución establecidos en D

L= longitud del camino en cm

$e = 26\ 900$ coeficiente de extinción molar, L/mol!cm, cyd-3-glu

$10^3 =$ factor de conversión de g a mg.

Después de cosechar las mazorcas de cada tratamiento, se dejaron secar en el medio ambiente hasta obtener mazorcas secas con un contenido de humedad promedio de 7 a 8%, para evitar la infección por algunos agentes fúngicos, como los hongos, esto puede reducir calidad del color del producto.

Para determinar la intensidad del color de la corona, se separan los granos

de la coronta y se seleccionan separándolas para cada tratamiento. Se dejan secar en el medio hasta que el porcentaje de humedad sea inferior al 8%; luego proceder a moler y luego continuar de acuerdo al siguiente procedimiento.

Se determinó la absorbancia de la muestra de corontas de maíz morado diluida con solución tampón C(a) de pH 1,0 y una sustancia tampón C (b) de pH 4,5 tanto a 520 y 700 nm. La muestra diluida en porciones de ensayo se tomó lecturas comparadas con una celda en blanco llena de agua destilada (Martínez, 2015).

La absorbancia de la muestra de corontas de maíz morado diluida con tampón C(a) pH 1,0 y tampón C(b) pH 4,5 se determinó a 520 y 700 nm, las muestras diluidas en porciones de prueba se leen en una celda en blanco llena de agua destilada, luego se mide la absorbancia de 20 a 50 minutos después de la preparación, la razón para medir la absorbancia a 700 nm es corregir la bruma (Martínez, 2015).

3.5.5 Otros datos a considerar para el trabajo de investigación.

3.5.5.1 Condiciones climáticas.

Las condiciones climáticas tabla 6, correspondientes a los meses de julio a diciembre del 2021 y a los meses de enero a marzo del 2022. El maíz morado requiere una temperatura óptima comprendida entre 18 a 29 °C, con una máxima de 32 °C y una mínima de 12 °C; así como de una buena humedad relativa comprendida entre el 50 y 70 % y una buena iluminación.

Tabla 5

Características climáticas

Mes	Temperatura °C			Humedad relativa (%)	Precipitación Total (mm)
	Máx.	Min.	Media		
JUL	19,8	13,8	16,8	88,1	0,0
AGO	19,3	14,3	16,8	88,6	0,8
SET	19,3	14,3	16,8	87,7	0,0
OCT	20,6	13,6	17,1	87,3	0,0
NOV	23,0	15,7	19,4	85,9	0,0
DIC	17,0	15,9	16,5	85,9	0,0
ENE	26,2	16,0	21,1	85,9	0,0
FEB	25,9	16,9	21,4	85,9	0,0
MAR	25,5	13,6	19,6	86,8	0,0

Nota: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Dirección Regional Tacna Moquegua (2021)

3.5.5.2 Características edáficas.

Para determinar las características físicas y químicas del suelo se realizó el análisis, cuyos resultados se muestran en la tabla 7.

Figura 3

Resultados del análisis de caracterización en suelos

COD. LAB.	ANÁLISIS MECÁNICO				ANÁLISIS QUÍMICO					ELEMENTOS DISPONIBLES	
	ARENA %	ARCILLA %	LIMO %	CLASE TEXTURAL	CO ₂ Ca %	pH	C.E. mS/cm	M.O. %	NITROG.	FOSFOR ppm P	POTASIO ppm K
	7.8	12	10	Franco Arenoso	0.00	5.85	6.2	0.32	0.017	6.4	672

COD. LAB.	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO DE CATIONES CAMBIABLES					CIC Meq/100g	PSI %
	Ca ⁺⁺ Meq/100g	M g ⁺⁺ Meq/100g	K ⁺ Meq/100g	Na ⁺ Meq/100g	Acidez Cambiable H ⁺ Al ⁺⁺⁺		
	4.62	0.63	0.69	0.26	1.12	7.32	

Figura 4

Interpretación de los análisis de caracterización

COD. LAB.	CO ₂ Ca %	pH	C.E. mS/cm	M.O. %	NITROG.	FOSFORO	POTASIO
	Deficiente	Moderado ácido	Muy salino	Deficiente	Deficiente	Bajo	Alto
COD. LAB.	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO DE BASES CAMBIABLES				CIC	PSI	
	Ca ⁺⁺	M g ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺			
	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo			

En las tablas 7 y 8, se observa la caracterización del análisis de suelo donde se tiene un suelo franco arenoso, la cantidad de abonos orgánicos es deficiente, pH es moderadamente ácido, la conductividad eléctrica lo coloca como suelo muy salino, el contenido de fosforo es bajo, el potasio es alto y el nitrógeno con un contenido deficiente.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1 Efecto de la inoculación de un complejo micorrízico en las fases fenológicas de cuatro variedades de maíz morado

4.1.1.1 Emergencia.

La tabla 6, muestra el análisis de varianza para la evaluación de la emergencia del maíz morado donde, no hay diferencia estadística entre los bloques, indicándonos que la emergencia fue uniforme, además las condiciones del suelo y riego fueron similares, indicándonos que los bloques fueron homogéneos. De la misma forma no se encontró diferencia significativa para el factor complejo micorrízico, para el factor variedad y de igual manera para la interacción, indicando que ambos factores operaron independientemente.

Al realizar el cálculo del coeficiente de variación fue 1,65 % aceptable para las condiciones del experimento.

Tabla 6

Análisis de varianza para la emergencia del maíz morado inoculado con un complejo micorrízico,

La Yarada Los Palos 2021

Fuentes de variabilidad	Gl	SC	CM	FC	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Complejo micorrízico	1	0,002	0,002	0,135	4,60	8,86	NS
Variedad de maíz	3	0,033	0,011	0,848	3,34	5,56	NS
Bloque	2	0,093	0,046	3,577	3,74	6,51	NS
C. micorrízico * V. maíz	3	0,020	0,007	0,514	3,34	5,56	NS
Error	14	0,181	0,013				
Total	23	0,329					

CV = 1,65 %

Nota: NS = No significativo * = significativo ** = Altamente significativo

4.1.1.2 Floración Masculina.

En el análisis de varianza para la floración masculina se observa tabla 7, que a nivel de bloques no hay significancia estadística, lo que indica que las condiciones de suelo, pendiente y riego fueron homogéneas. Así mismo no se encontró diferencia significativa para el factor complejo micorrízico, para el factor variedad y de igual manera para la interacción, indicando que ambos factores se comportaron independientemente.

El coeficiente de variación es 1,64 % aceptable para las condiciones del experimento.

Tabla 7

Análisis de varianza para floración masculina del maíz morado inoculado con un complejo

micorrízico, La Yarada Los Palos 2021

Fuentes de variabilidad	gl	SC	CM	FC	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Complejo micorrízico	1	0,55	0,55	0,48	4,60	8,86	NS
Variedad de maíz	3	7,44	2,48	2,15	3,34	5,56	NS

Bloque	2	0,65	0,33	0,28	3,74	6,51	NS
C. micorrízico * V. maíz	3	11,11	3,70	3,20	3,34	5,56	NS
Error	14	16,17	1,16				
Total	23	35,92					
CV = 1,64 %							
<i>Nota:</i> NS = No significativo * = significativo ** = Altamente significativo							

4.1.1.3 Floración Femenina.

El análisis de varianza para la floración femenina del maíz morado tabla 8, se observa que no hay diferencia estadística entre los bloques, lo que nos dice que las condiciones del suelo y riego fueron similares, indicándonos que los bloques fueron homogéneos. De igual manera, no se encontró diferencias significativas para los factores complejo micorrízico. Variedad y para la interacción, indicando que ambos factores se comportaron independientemente.

El coeficiente de variación es 1,37 % aceptable para las condiciones del experimento.

Tabla 8

Análisis de varianza para la floración femenina del maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021

Fuentes de variabilidad	gl	SC	CM	FC	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Complejo micorrízico	1	0,08	0,08	0,05	4,60	8,86	NS
Variedad de maíz	3	12,55	4,18	2,66	3,34	5,56	NS
Bloque	2	0,31	0,15	0,10	3,74	6,51	NS
C. micorrízico * V. maíz	3	6,00	2,00	1,27	3,34	5,56	NS
Error	14	22,05	1,58				
Total	23	40,98					
CV = 1,37 %							
<i>Nota:</i> NS = No significativo * = significativo ** = Altamente significativo							

4.1.1.4 Madurez Fisiológica.

Para la madurez fisiológica del maíz morado tabla 9, se observa el análisis de varianza donde, no hay diferencia estadística entre los bloques, lo que nos dice que las condiciones del suelo y riego fueron homogéneas. En la tabla 12, del análisis de varianza para la madurez fisiológica, se observa que no existe diferencias estadísticas significativas para el factor complejo micorrízico, factor variedad y de igual manera para el factor interacción, indicando que ambos factores actuaron independientemente.

El coeficiente de variación es 1,18 % se considera aceptable para el experimento.

Tabla 9

Análisis de varianza para la madurez fisiológica del maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021

Fuentes de variabilidad	gl	SC	CM	FC	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Complejo micorrízico	1	0,25	0,25	0,09	4,60	8,86	NS
Variedad de maíz	3	4,34	1,45	0,51	3,34	5,56	NS
Bloque	2	4,74	2,37	0,84	3,74	6,51	NS
C. micorrízico * V. maíz	3	8,63	2,88	1,02	3,34	5,56	NS
Error	14	39,37	2,81				
Total	23	57,32					

CV = 1,18 %

Nota: NS = No significativo * = significativo ** = Altamente significativo

4.1.1.5 Fenología del maíz morado.

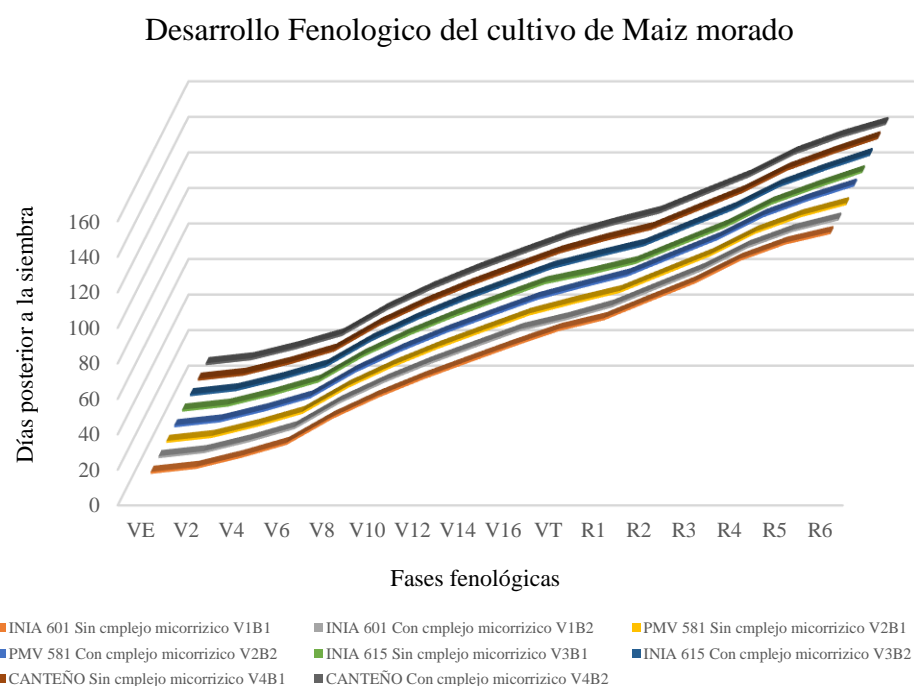
En la figura 5 se observa el estado fenológico en días posteriores a la siembra (dps) del maíz morado, donde el desarrollo vegetativo se inició con la germinación y emergencia que en promedio fue a los 7 dps a su vez aparecen una serie de hojas alargadas, alternas y lanceoladas, luego llegó la floración masculina a los 86 dps

deteniéndose el crecimiento de la planta. En esta etapa el crecimiento del maíz morado fue lenta en las primeras semanas, luego incremento el crecimiento a partir V6, disminuyendo en V14.

El estado de desarrollo reproductivo empezó con el R1 (floración femenina) a los 92 días posterior a la siembra (dps), donde aparecieron los estigmas hasta obtener su mayor tamaño; R2, se dio a los 102 dps, iniciándose la aglutinación del almidón en el endospermo; R3 se desarrolló a los 112 dps posterior a la floración femenina con una formación lechosa de los granos; R4 empezó 125 dps, donde la consistencia del grano es masosa y R5 se inició 134 dps, donde la consistencia de los granos se pone sólida los granos con forma de dientes; y finalmente se presentó la madurez fisiológica R6 a los 142 dps, cuando la capa de semilla es negra o marrón, y el grano es dura, de color púrpura oscuro.

Figura 5

Desarrollo Fenológico del maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021



4.1.2 Análisis del comportamiento productivo.

4.1.2.1 Altura de planta.

La tabla 10 muestra los resultados del análisis de varianza para los resultados de la altura de planta, donde existe significancia estadística para bloques, lo que indica que hay heterogeneidad entre bloques.

Así mismo, el análisis de varianza para altura de planta, señala que no hay diferencias estadísticas significativas para el factor complejo micorrízico, factor variedad y de igual manera para el factor interacción, indicando que ambos factores actuaron independientemente. El coeficiente de variación es 2,31 % aceptable para las condiciones del experimento.

Tabla 10

Análisis de varianza para la altura de planta del maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021

Fuentes de variabilidad	gl	SC	CM	FC	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Complejo micorrízico	1	2,17	2,17	0,09	4,60	8,86	NS
Variedad de maíz	3	99,98	33,33	1,32	3,34	5,56	NS
Bloque	2	223,87	111,94	4,42	3,74	6,51	*
C. micorrízico * V. maíz	3	125,95	41,98	1,66	3,34	5,56	NS
Error	14	354,20	25,30				
Total	23	806,17					
CV = 2,31 %							

Nota: NS = No significativo * = significativo ** = Altamente significativo

4.1.2.2 Numero de mazorcas por planta.

En la tabla 11 se observa el análisis de varianza para la evaluación de número mazorcas por planta, donde se observa que no hay diferencia estadística entre los bloques, lo que nos indica que no hay homogeneidad entre bloques. El análisis de

varianza del número de mazorcas por planta también muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los factores del complejo micorrízico, variedad y la interacción tampoco fue significativa. Es decir, ambos factores actuaron de forma independiente.

El coeficiente de variación es 2,88 % y es aceptable como condición del experimento.

Tabla 11

Análisis de varianza para número de mazorcas por planta de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021

Fuentes de variabilidad	gl	SC	CM	FC	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Complejo micorrízico	1	0,015	0,005	1,123	4,60	8,86	NS
Variedad de maíz	3	0,004	0,004	1,596	3,34	5,56	NS
Bloque	2	0,008	0,003	0,786	3,74	6,51	NS
C. micorrízico * V. maíz	3	0,005	0,003	0,870	3,34	5,56	NS
Error	14	0,044	0,003				
Total	23	0,075					

CV = 2,88 %

Nota: NS = No significativo * = significativo ** = Altamente significativo

4.1.2.3 Peso de mazorca.

La tabla 12 del análisis de varianza para el peso de mazorca se muestra que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que nos revela que no hay homogeneidad entre bloques. De igual manera, no existen diferencias estadísticas significativas para los factores complejo micorrízico, variedad, y para la interacción, lo que significa que ambos factores actuaron independientemente.

El coeficiente de variación es 2,31 % aceptable para las condiciones del experimento.

Tabla 12

Análisis de varianza para peso en gramos de mazorca de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021

Fuentes de variabilidad	gl	SC	CM	FC	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Complejo micorrízico	1	38,00	38,00	0,28	4,60	8,86	NS
Variedad de maíz	3	2008,07	669,36	4,87	3,34	5,56	*
Bloque	2	336,32	168,16	1,22	3,74	6,51	NS
C. micorrízico * V. maíz	3	277,46	92,49	0,67	3,34	5,56	NS
Error	14	1923,30	137,38				
Total	23	4583,16					

CV = 7,70 %

Nota: NS = No significativo * = significativo ** = Altamente significativo

La tabla 13 de la prueba de Tukey para el factor variedad muestra que el mayor peso de mazorca se consiguió con la variedad PMV 581 con 166,10 g y en el último lugar la variedad INIA 615 con 142,27 g.

Tabla 13

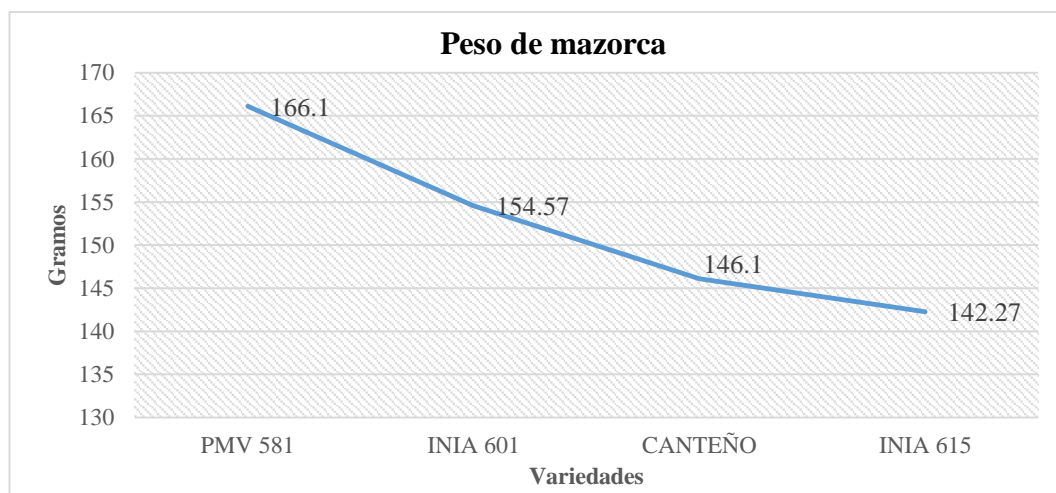
Prueba de comparación múltiple de Tukey para el peso en gramos de la mazorca de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021

Variedad de maíz	Orden de merito	Promedio	Prueba de Tukey	
PMV 581	1	166,10	a	
INIA 601	2	154,57	a	b
CANTEÑO	3	146,10		b
INIA 615	4	142,27		b

La figura 6 nos presenta el peso mayor de mazorcas de las variedades PMV 581 y INIA 601, con pesos de 166,10 y 154,57 gramos donde estadísticamente son similares y la otra parte, INIA 615 con menor peso de mazorca de 142,27 g.

Figura 6

Pesos de mazorca del maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021



4.1.2.4 Peso de tusa.

La tabla 14 del análisis de varianza para el peso de tusa se confirma que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que nos revela que no hay homogeneidad entre bloques.

Tabla 14

Análisis de varianza para peso de tusa en gramos de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021

Fuentes de variabilidad	gl	SC	CM	FC	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Complejo micorrízico	1	0,54	0,54	0,08	4,60	8,86	NS
Variedad de maíz	3	39,91	13,30	1,95	3,34	5,56	NS
Bloque	2	5,69	2,84	0,42	3,74	6,51	NS
C. micorrízico * V. maíz	3	6,93	2,31	0,34	3,34	5,56	NS
Error	14	95,45	6,82				
Total	23	148,52					

CV = 12,97 %

Nota: NS = No significativo

* = significativo

** = Altamente significativo

En la tabla 14, del análisis de varianza para el peso de tusa, señala también

que no hay diferencias estadísticas significativas para el factor complejo micorrízico y para el factor variedad, para la interacción también de igual forma resulto no significativo, es decir que ambos factores actuaron independientemente.

El coeficiente de variación es 12,97 % aceptable para las condiciones del experimento.

4.1.2.5 Peso de grano de mazorca.

La tabla 15 del análisis de varianza para el peso de grano de mazorca se muestra que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que nos indica que no hay homogeneidad entre bloques. Además, el análisis de varianza para el peso de grano de mazorca, señala que no existen diferencias estadísticas significativas para los factores complejo micorrízico y para la interacción, sin embargo, para el factor variedad maíz si existe diferencias significativas es decir hay diferencias en las variedades, respecto al peso de granos de mazorca.

El coeficiente de variación es 8,11 % aceptable para las condiciones del experimento.

Tabla 15

Análisis de varianza para peso en gramos del grano de mazorca de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021

Fuentes de variabilidad	GI	SC	CM	FC	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Complejo micorrízico	1	29,48	29,48	0,26	4,60	8,86	NS
Variedad de maíz	3	1802,64	600,88	5,24	3,34	5,56	*
Bloque	2	374,28	187,14	1,63	3,74	6,51	NS
C. micorrízico * V. maíz	3	284,05	94,68	0,83	3,34	5,56	NS
Error	14	1605,52	114,68				
Total	23	4095,97					

CV = 8,11 %

Nota: NS = No significativo * = significativo ** = Altamente significativo

La tabla 16 de la prueba de Tukey para el factor variedad muestra que el mayor peso de grano de mazorca lo obtuvo la variedad PMV 581 con 145,78 g y en el último lugar la variedad INIA 615 con 122,40 g

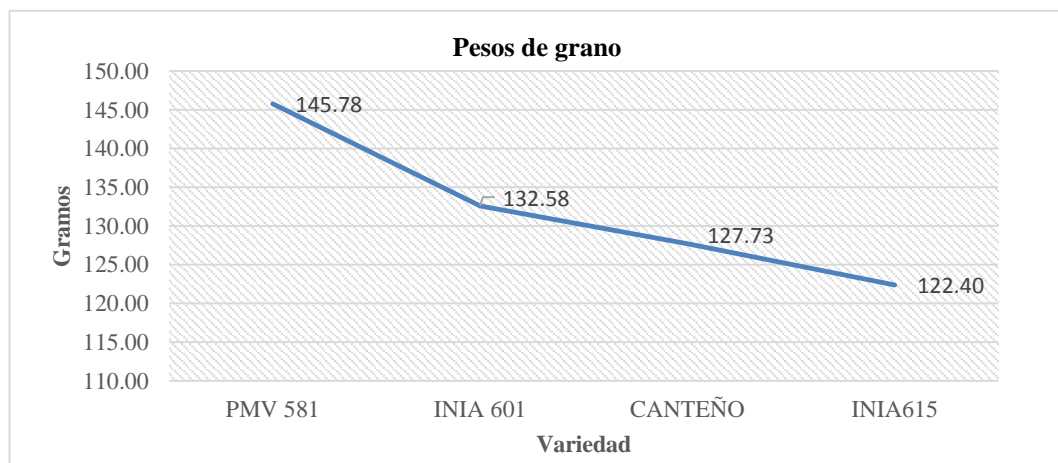
Tabla 16

Prueba de comparación múltiple de Tukey para el peso en gramos de grano de mazorca de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021

Variedad de maíz	Orden de merito	Promedio	Prueba de Tukey	
PMV 581	1	145,78	a	
INIA 601	2	132,58	a	b
CANTEÑO	3	127,73		b
INIA 615	4	122,40		b

Figura 7

Pesos de grano de mazorca de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021



En la figura 7 señala que la variedad PMV 581 presentó el mayor peso de grano con 145,78 gramos, por otra parte, la variedad INIA 601 presentó el menor peso de grano con 122,40 g.

4.1.2.6 Rendimiento.

Los resultados de la tabla 17 donde se muestra el análisis de varianza para los resultados del rendimiento que a nivel de bloques no presentó diferencia estadística, lo cual revela que los bloques fueron homogéneos. Del análisis de varianza para el rendimiento, también señala que no existen diferencias estadísticas significativas para el factor complejo micorrízico y si hay diferencias estadísticas significativas para el factor variedad, lo que indica que uno de las variedades es superior y actúan independientemente. La interacción también resulto no significativo, lo que quiere decir que ambos factores actuaron independientemente.

El coeficiente de variación es 6,91 % permisible para las condiciones del experimento.

Tabla 17

Análisis de varianza del rendimiento en kilogramos por hectárea de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021

Fuentes de variabilidad	gl	SC	CM	FC	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Complejo micorrízico	1	79544,47	79544,47	0,59	4,60	8,86	NS
Variedad de maíz	3	1879878,94	626626,31	4,67	3,34	5,56	*
Bloque	2	73198,83	36590,41	0,27	3,74	6,51	NS
C. micorrízico * V. maíz	3	288868,40	96289,47	0,72	3,34	5,56	NS
Error	14	1877206,57	134086,18				
Total	23	4198697,21					

CV = 6,91 %

Nota: NS = No significativo

* = significativo

** = Altamente significativo

La tabla 18 de la prueba de Tukey al 5 % para el factor variedad muestra que el mayor rendimiento lo muestra la variedad PMV 581 con 5 616,04 kg y en el último lugar la variedad INIA 615 con 4 979,04 kg.

Tabla 18

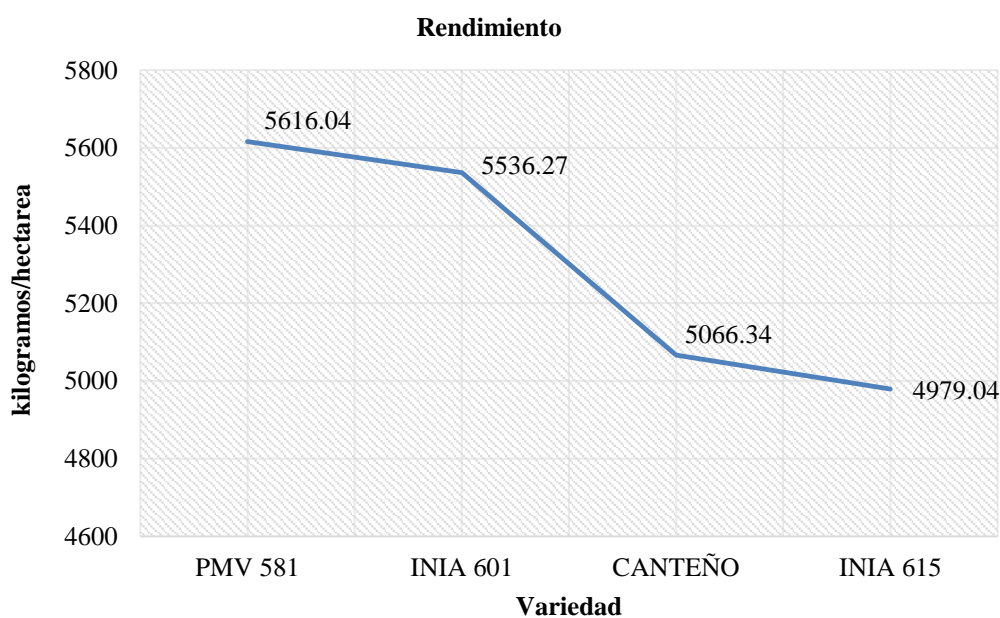
Prueba de comparación múltiple de Tukey para el rendimiento por hectárea de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021

Variedad de maíz	Orden de merito	Promedio	Prueba de Tukey	
PMV 581	1	5616,04	a	
INIA 601	2	5536,27	a	b
CANTEÑO	3	5066,34	a	b
INIA 615	4	4979,04		b

En la figura 8 se aprecia que la variedad PMV 581 presento mayor rendimiento con 5616,04 kilogramos por hectárea, por otra parte, la variedad INIA 601 presento el menor rendimiento con 4979,04 kilogramos por hectárea.

Figura 8

Rendimiento en kilogramos por hectárea de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021



4.1.3 Determinar el contenido de antocianina del maíz morado.

4.1.3.1 Contenido de antocianina en grano de maíz morado.

La tabla 19 del análisis de varianza para el contenido de antocianina en grano de maíz morado se observa que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que nos indica que no hay homogeneidad entre bloques. Del análisis de varianza para la concentración de antocianina en grano (mg/100g) de maíz morado, muestra que no existe diferencias estadísticas significativas para el factor complejo micorrízico y para el factor variedad, respecto a la interacción también no se halló diferencias estadísticas significativas es decir que ambos factores actúan de manera independiente.

El coeficiente de variación es 6,44 %, rango admisible para las condiciones del experimento.

Tabla 19

Análisis de varianza del contenido de antocianina en grano del maíz morado inoculado con complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021

Fuentes de variabilidad	gl	SC	CM	FC	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Complejo micorrízico	1	129,04	129,04	0,93	4,60	8,86	NS
Variedad de maíz	3	898,48	299,49	2,15	3,34	5,56	NS
Bloque	2	32,17	16,08	0,12	3,74	6,51	NS
C. micorrízico * V. maíz	3	49,28	16,43	0,12	3,34	5,56	NS
Error	14	1951,89	139,42				
Total	23	3060,85					

CV = 6,44 %

Nota: NS = No significativo * = significativo ** = Altamente significativo

4.1.3.2 Contenido de antocianina en tusa del maíz morado.

La tabla 20 muestra el análisis de varianza para la cantidad de antocianina en tusa del maíz morado, se observa que no existe diferencia estadística entre los bloques,

lo que refleja que no hay homogeneidad entre bloques.

Tabla 20

Análisis de varianza del contenido de antocianina en tusa de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021

Fuentes de variabilidad	gl	SC	CM	FC	F α		Sig.
					0,05	0,01	
Complejo micorrízico	1	1108,94	1108,94	5,98	4,60	8,86	*
Variedad de maíz	3	16851,94	5617,31	30,29	3,34	5,56	**
Bloque	2	312,77	156,39	0,84	3,74	6,51	NS
C. micorrízico*V. maíz	3	3797,57	1265,86	6,83	3,34	5,56	**
Error	14	2596,26	185,45				
Total	23	24667,48					
CV = 4,79 %							
<i>Nota: NS = No significativo * = significativo ** = Altamente significativo</i>							

En la tabla 20, del análisis de varianza para el contenido de antocianina (mg/100g) en tusa de maíz morado, muestra también que existe diferencias estadísticas significativas para el factor complejo micorrízico, sin embargo, para el factor variedad se observa alta significancia estadística, respecto a la interacción también existe alta diferencias estadísticas significativas lo que indica que ambos factores actuaron conjuntamente.

El coeficiente de variación fue 4,79 %, valor aceptable para las condiciones del experimento.

Tabla 21

Prueba de comparación múltiple de Tukey para el contenido de antocianina en tusa de la interacción entre los factores complejo micorrízico y variedad del maíz morado, La Yarada Los Palos 2021

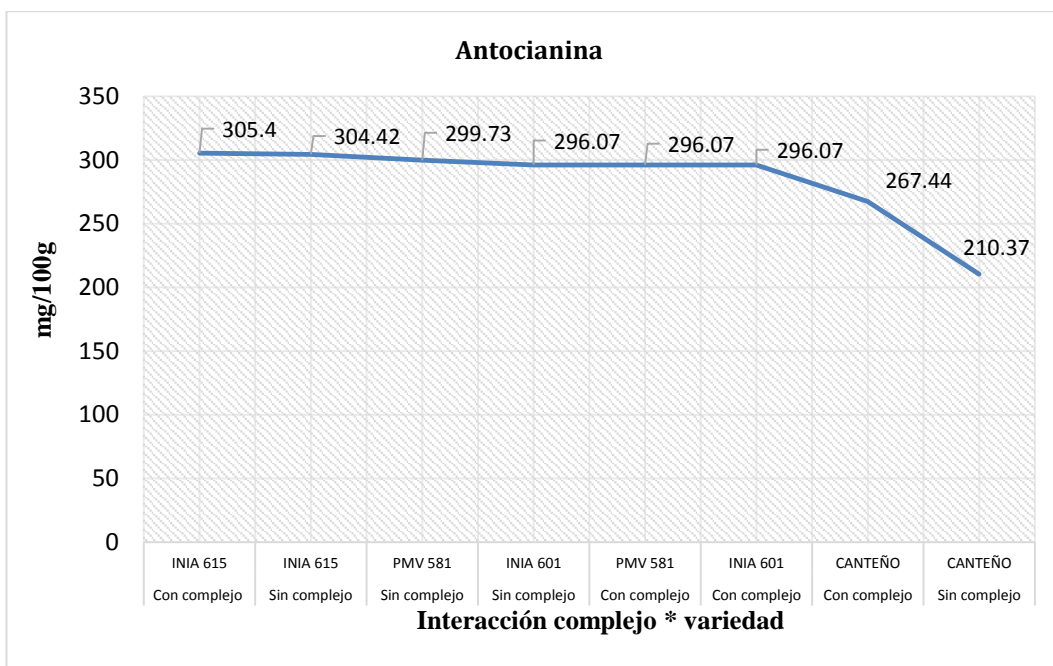
Variedad de maíz	Complejo micorrízico	Orden de merito	Promedio	Prueba de Tukey
INIA 615	Con complejo	1	305,40	a

INIA 615	Sin complejo	2	304,42	a
PMV 581	Sin complejo	3	299,73	a
INIA 601	Sin complejo	4	296,07	a
PMV 581	Con complejo	5	296,07	a
INIA 601	Con complejo	6	296,07	a
CANTEÑO	Con complejo	7	267,44	a
CANTEÑO	Sin complejo	8	210,37	b

En la tabla 21 se observa la prueba de Tukey al 0,05 % para las interacciones observamos que la mayoría de las interacciones no existe diferencias estadísticas en el contenido de antocianina, a excepción de la interacción Canteño - sin complejo presenta el promedio más bajo.

Figura 9

Contenido de antocianina en tusa de la interacción entre los factores variedad y complejo micorrízico, La Yarada Los Palos 2021



En la figura 9 se muestra la interacción entre variedad y complejo micorrízico, donde la interacción entre los factores INIA 615 - con complejo presenta el mayor contenido de antocianina con 305,40 mg/100g y la menor

concentración de antocianina presenta el factor Canteño – sin complejo micorrízico con 210,37 mg/100g.

4.2. Contrastación de hipótesis

Considerando las hipótesis nulas propuestas H_0 : No existe interacción entre factores; e hipótesis alterna H_a : Si existe interacción entre factores. Y, para los factores H_0 : No existen diferencias significativas entre los promedios de los factores; y H_a : Si existen diferencias significativas entre los promedios de los factores. Se procede al contraste de hipótesis.

4.2.1 Efecto de la inoculación de un complejo micorrízico en las fases fenológicas de cuatro variedades de maíz morado.

4.2.1.1 Emergencia de plantas.

El análisis de varianza, para la emergencia de plantas, mostró que no existieron diferencias significativas entre los promedios de la interacción ya que F_c con 0,514 fue inferior a $F_{t_{0,05-3,14}}$ con 3,34; por lo que corresponde la aceptación de la hipótesis nula, reconociendo que “no existe interacción entre factores” lo mismo ocurrió para el caso de los promedios de los factores.

4.2.1.2 floración masculina.

En el análisis de varianza, para la variable floración masculina, encontramos que no existieron diferencias significativas entre los promedios de la interacción, donde F_c con 3,2 fue inferior a $F_{t_{0,05-3,14}}$ con 3,34; correspondiendo la aceptación de la hipótesis nula, reconociendo que “no existe interacción entre factores”.

4.2.1.3 Floración femenina.

Realizando el análisis de varianza, para la variable floración femenina, encontramos que no existieron diferencias significativas entre los promedios de la interacción, donde F_c con 1,27 fue inferior a $F_{t_{0,05-3,14}}$ con 3,34; por lo cual se procede a aceptar la hipótesis nula, reconociendo que “no existe interacción entre factores” ocurriendo lo mismo para los promedios de los factores.

4.2.1.4 Madurez Fisiológica.

Realizando el análisis de varianza, para la variable madurez fisiológica, encontramos que no existieron diferencias significativas entre los promedios de la interacción, donde F_c con 1,02 fue inferior a $F_{t_{0,05-3,14}}$ con 3,34; por lo cual se procede a aceptar la hipótesis nula, reconociendo que “no existe interacción entre factores” ocurriendo lo mismo para los promedios de los factores.

4.2.2 Análisis del comportamiento productivo.

2.2.2.1. Altura de planta.

Al realizar el análisis de varianza, para la variable altura de planta, encontramos que no existieron diferencias significativas entre los promedios de la interacción, con F_c igual a 1,66 inferior a $F_{t_{0,05-3,14}}$ con 3,34; por lo cual procede aceptar la hipótesis nula, reconociendo que “no existe interacción entre factores” ocurriendo lo mismo para los promedios de los factores.

2.2.2.2. Numero de mazorcas por planta.

Al realizar el análisis de varianza, para la variable número de mazorcas por planta, encontramos que no existieron diferencias significativas entre los promedios de la interacción, con F_c igual a 0,87 fue inferior a $F_{t_{0,05-3,14}}$ con 3,34; por lo cual procede

aceptar la hipótesis nula, reconociendo que “no existe interacción entre factores” ocurriendo lo mismo para los promedios de los factores.

2.2.2.3. Peso de la mazorca.

Al realizar el análisis de varianza, para la peso de la mazorca, encontramos que no existieron diferencias significativas entre los promedios de la interacción, donde F_c igual a 0,67 fue inferior a $F_{t_{0,05-3,14}}$ con 3,34; por lo cual procede aceptar la hipótesis nula, reconociendo que “no existe interacción entre factores” lo mismo ocurrió para los promedios del factor A (Complejo micorrízico); sin embargo, si se encontraron efectos significativos para los promedios del factor B (Variedad) por lo que se rechaza la hipótesis nula, correspondiendo realizar la prueba de comparaciones múltiple de Tukey.

4.2.2.4 Peso de tusa.

Realizando el análisis de varianza, para la variable peso de tusa, encontramos que no existieron diferencias significativas entre los promedios de la interacción, donde F_c con alcanzó un valor de 0,34 inferior a $F_{t_{0,05-3,14}}$ con 3,34; por lo cual se procede a aceptar la hipótesis nula, reconociendo que “no existe interacción entre factores” ocurriendo lo mismo para los promedios de los factores.

2.2.2.5. Peso del grano de mazorca.

Al realizar el análisis de varianza, para la peso del grano de mazorca, encontramos que no existieron diferencias significativas entre los promedios de la interacción, donde F_c igual a 0,83 fue inferior a $F_{t_{0,05-3,14}}$ con 3,34; por lo cual procede aceptar

la hipótesis nula, reconociendo que “no existe interacción entre factores” lo mismo ocurrió para los promedios del factor A (Complejo micorrízico); sin embargo, si se encontraron efectos significativos para los promedios del factor B (Variedad) donde F_c alcanzó un valor de 5,24 superior a $F_{t_{0,05-3,14}}$ con 3,34, en que corresponde el rechazo de la hipótesis nula, por lo que se procede a realizar la prueba de comparaciones múltiple de Tukey

2.2.2.6. Rendimiento.

Al realizar el análisis de varianza, para la variable rendimiento, encontramos que no existieron diferencias significativas entre los promedios de la interacción, donde F_c con 0,67 superó a $F_{t_{0,05-3,14}}$ con 3,34; por lo cual corresponde aceptar la hipótesis nula, reconociendo que “no existe interacción entre factores” lo mismo ocurrió para los promedios del factor A (Complejo micorrízico); sin embargo, si se encontraron efectos significativos para los promedios del factor B (Variedad) donde F_c alcanzó un valor de 4,67 superior a $F_{t_{0,05-3,14}}$ con 3,34, correspondiendo el rechazo de la hipótesis nula, por lo que se procede a realizar la prueba de comparaciones múltiples de Tukey

4.2.3 Análisis del contenido de antocianina.

2.2.3.1. Contenido de antocianina en grano de maíz morado.

Al realizar el análisis de varianza, para la variable “Contenido de antocianina en grano de maíz morado”, encontramos que no existieron diferencias significativas entre los promedios de la interacción, con F_c igual a 0,12 inferior a $F_{t_{0,05-3,14}}$ con 3,34; por lo cual procede aceptar la hipótesis nula, reconociendo que “no existe interacción entre factores” ocurriendo lo mismo para los promedios de los factores.

2.2.3.2. Contenido de antocianina en la tusa de maíz morado.

Al realizar el análisis de varianza, para la variable “Contenido de antocianina en la tusa de maíz morado”, encontramos que, si existieron diferencias altamente significativas entre los promedios de la interacción, con F_c igual a 6,83 superior a $F_t_{0,01-3,14}$ con 5,56 por lo cual procede rechazar la hipótesis nula, reconociendo que “no existe interacción entre factores”. También se dieron diferencias significativas para los promedios del factor A (Micorrizas) F_c igual a 5,98 superior a $F_t_{0,01-3,14}$ con 5,56; así mismo se encontraron diferencias altamente significativas, para los promedios del factor B (variedad) donde F_c igual a 30,29 fue muy superior a $F_t_{0,01-3,14}$ con 5,56 correspondiendo al rechazo de las H_0 en ambos casos

4.3. Discusión de resultados

4.3.1 Efecto de la inoculación de un complejo micorrízico en las fases fenológicas de cuatro variedades de maíz morado.

Para la emergencia el análisis de varianza resultó no significativo para los factores y para la interacción, es decir que las variedades con o sin aplicaciones de micorriza son semejantes. En promedio la emergencia ocurrió 7 dps, sin embargo, Pérez (2018) reportó la emergencia a los 8 días en otros ecotipos de maíz morado. En este trabajo de investigación se logró esta fase a los siete días posterior de la siembra parecido a lo registrado por Justiniano (2010) donde en campo alcanzó esta etapa a los siete días cuando el coleóptilo emergió a nivel del suelo.

Los factores variedad y complejo micorrízico, así como la interacción entre ambos, al realizar el análisis de varianza estadísticamente no fueron significativos es decir no influyeron en la floración masculina y femenina del maíz morado, en

promedio esta etapa se presentó los 85,36 y 91,70 dps. Según Rabanal y Medina (2021), la variedad INIA-615 consiguió ser la variedad más prematura en el florecimiento femenino y masculino, con 101,5 y 93,3 días en Llollón y con 125,6 y 118,3 días en Llanupacha, consecutivamente.

El análisis de varianza para la madurez fisiológica, indica que no existe diferencias estadísticas significativas para los factores complejo micorrízico y variedad, de igual manera para el factor interacción, indicando que los factores actuaron independientemente. La media que se registro fue 141,81 dps. Según Justiniano (2010) esta etapa ocurrió a los 179 días después de la siembra.

4.3.2 Análisis del comportamiento productivo.

El resultado del análisis de varianza para la altura de planta señala que no hay diferencias estadísticas significativas para el factor complejo micorrízico, factor variedad y de igual manera para el factor interacción, indicando que ambos factores se comportaron independientemente. El promedio de la altura alcanzado fue 217,50 cm. Estos valores son similares a los encontrados por Mendoza (2017) las alturas varían entre 214 y 217 cm. Sin embargo, son menores a los alcanzado por Delgado (2021) quien encontrón medidas entre 167 y 141 cm.

Referente a la cantidad de mazorcas por planta las evaluaciones del análisis de varianza, señalan que no existen diferencias estadísticas significativas para los factores complejo micorrízico y variedad, de la misma forma para la interacción, es decir que ambos factores actuaron independientemente. La media del número de mazorcas por planta, en este trabajo de investigación fue de 1,94 unidades. La prolificidad según Rabanal y Medina (2021) en su investigación realizado en dos

niveles altitudinales de 2770 m (Llollón) y a 3140 m (Llanupacha) donde el promedio fue de 0,9 y 1,3 unidades respectivamente.

Se realizó el análisis de varianza para el peso de la mazorca donde los resultados señalan que no existen diferencias estadísticas significativas para el factor complejo micorrízico y para el factor variedad, además, la interacción también resultó no significativo, es decir que los factores actuaron independientemente. El mayor peso de la mazorca lo obtuvo la variedad PMV 581 con 166,10 g y en el último lugar la variedad INIA 615 con 142,27 g. La media respecto a esta variable fue 152,26 g, datos superiores comparando con los resultados obtenidos por Pinedo (2015) en su experimento con la variedad negro Canaán con 100,19 g.

Los factores complejos micorrízico y variedad, inclusive la interacción de ambos según el análisis de varianza para el peso de tusa, señala que no existen diferencias estadísticas significativas, es decir que ambos factores actuaron independientemente. La media del peso de tusa fue 20,14 g es superior a lo que obtuvo Pinedo (2015) cuyos valores están entre 15,38 y 18,00 g.

Al realizar el análisis de varianza para el peso de grano de la mazorca, para el complejo micorrízico no existen diferencias estadísticas significativas, sin embargo, para el factor variedad sí existen diferencias significativas donde la variedad PMV 581 y INIA 601 con 145,78 y 132,58 g respectivamente son superiores a las otras variedades. En la interacción no existen diferencias significativas es decir cada factor actúa independientemente. Pinedo (2015) en sus evaluaciones sus pesos de grano son estadísticamente similares a los valores

entre 67,13 y 78,13 g, que son inferiores a los resultados de esta investigación.

El factor micorrízico y la interacción realizando el análisis de varianza para el rendimiento resultaron estadísticamente no significativos, sin embargo, para el factor variedad señala que existen diferencias estadísticas significativas, lo que significa que una de las variedades es superior a los demás. La variedad PMV 581 con 5 616,04 kg, INIA 601 con 5 536,27 Kg y Canteño con 5 066,34 son estadísticamente similares y superiores a los demás. Estos resultados son similares a los reportado por Begazo (2013) que alcanzaron rendimientos entre 5 743 kg/ha y 5 524 kg/ha, sin embargo, Valera (2019) obtuvieron rendimientos inferiores con las variedades morado mejorado e INIA - 601, cuyos rendimientos fueron 2 530,00 y 2 041,00 Kg/ha correlativamente.

4.3.3 Determinar el contenido de antocianina del maíz morado.

Se observa en el análisis de varianza para el contenido de antocianina en grano de maíz morado, que no existe diferencias estadísticas significativas para los factores complejo micorrízico y factor variedad, de la misma forma para la interacción de ambos factores es decir que ambos factores actúan de manera independiente. La media del contenido de antocianina en grano fue 183,43 mg/100g. Mendoza (2017) en sus resultados encontro que el contenido de antocianina en el grano difiere de 163,87 a 192,07 mg/100 g de grano para las variedades INIA 615 y Arequipeño respectivamente, las variedades INIA-601 (191,00 mg/100 g) y PMV-581 (186,97 mg/100 g) no es tan diferente estadísticamente, está en el tercio inferior, las variedades Canteño (180,63 mg/100 g) y UNC-47 (176,03 mg/100 g) se diferencian significativamente y corresponden al tercio inferior.

Estadísticamente las variedades con similares contenidos de antocianina en la tusa son: INIA 615 (304,91 mg/100g); PMV 581 (297,90 mg/100g) e INIA 601 (296,07 mg/100g) y son superiores a la variedad Canteño (238,91 mg/100g) con la menor concentración, para las interacciones mostramos que la mayoría de las interacciones no hay diferencias estadísticas en el contenido de antocianina, a excepción de la interacción Canteño - sin complejo micorrízico presenta el promedio más bajo. Según Mendoza (2017) el contenido de antocianina en la tuza es 305,10 (INIA-601) y 336,43 (Canteño) mg/100 g.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Primera. Se evaluó el comportamiento productivo y nivel antociánico de cuatro variedades de maíz morado, obteniendo que la variedad PMV 581 presentó mayor rendimiento con 5 616,04 kg/ha, y con mayor contenido de antocianina, la variedad INIA 615 en tusa con 305,40 mg/100g con complejo micorrízico.

Segunda. El complejo micorrízico inoculado desde el punto de vista estadístico no influyó significativamente en las etapas fenológicas de las 4 variedades de maíz morado con emergencia a los 7 días después de la siembra, floración masculina 86 dds, floración femenina 92 y madurez fisiológica a los 142 días, en el promedio de las 4 variedades.

Tercera. Ni la inoculación de micorrizas, ni las variedades, mostraron influencia significativa para las variables, altura de planta, número de mazorcas y peso de tusa; sin embargo, a nivel de variedades si mostraron influencia significativa para la variable peso de la mazorca, peso de grano de

mazorca y rendimiento; sobresaliendo la variedad PMV 581 con 166,1 g.mazorca⁻¹; 145,78 g de granos por mazorca y 5,62 t.ha⁻¹, respectivamente.

Cuarta. La interacción de la inoculación de micorrizas y las variedades no influyeron en el contenido de antocianina en los granos del maíz morado; sin embargo, si se encontraron influencias altamente significativas para el contenido de antocianina en tusa, solo para el caso de la variedad Canteño que se reduce en contenido antociánico cuando no se utiliza el complejo micorrízico.

5.2. Recomendaciones

Primera. Se recomienda utilizar las siguientes variedades: PMV 581, INIA 601 y Canteño debido a que alcanzaron altos rendimientos en este trabajo de investigación y si el propósito es que contenga alto contenido de antocianina cultivar las variedades INIA 615 y PMV 581.

Segunda. Es necesario repetir el experimento en las mismas condiciones y se recomienda trabajar con 4 a 5 semillas por golpe y utilizar un marco de plantación de 0,40 m entre planta y un metro entre fila, así mismo realizar un análisis de costos de producción porque considero que no es rentable cuando se cultiva ha baja densidad.

Tercera. A los investigadores interesados en realizar futuros trabajos de investigación con el maíz morado tener cuidado en evaluar mejor las fases fenológicas porque en la región costa tiende a disminuir el tiempo. También recomendamos evaluar otro tipo de variables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, W., Medina, A., y Injante, P. (2014). *Boletín Informativo - INIA, maíz INIA 601*. Programa Nacional de Innovación Agraria en maíz. EEA baños del Inca.
- Aguilera, M., Reza, M., Chew, R. y Meza, J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. Recuperado de <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/81/75>
- Aoki, H., Kuze, N., y Kato. (2002). Anthocyanins isolated from purple com (Zea mays L.). *foods & food ingred*, 199.
- Barrera, S. (2009). *El uso del hongo micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura*. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n1/v7n1a14.pdf>
- Begazo, J. (2013). *Marco de siembra en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) "ecotipo Arequipeño" en la irrigación Majes 2012-2013* (Tesis pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Bernal, G., y Morales, R. (2006). *Las micorrizas. Importancia, producción e investigación en el Ecuador*. Mass. Gráficos-Quito.
- Chipana, R. (2008). *Aplicación de tres abonos orgánicos en maíz var. Morado arequipeño (Zea mays L.) para exportación en zonas áridas* (Tesis pregrado). Universidad Nacional de San Agustín.
- Delgado, J. (2021). *Comparativo de rendimiento y adaptabilidad de tres variedades de maíz morado en el distrito de San Juan Cajamarca* (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca.
- DuPont Pioneer. (2015). *Maíz: Crecimiento y desarrollo*. Recuperado de

https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf

Fennema, O. (1993). *Química de los Alimentos*. . Zaragoza, España: Acribia.

Fernández, M. (2020). *Comportamiento de las plantas a estímulos (día y noche)*. *Comportamiento de los seres vivos*. Recuperado de <https://comportamientode.com/>

Gerdemann, J. (1968). Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. *Rev. Phytopathol.*

González, M. y Ferrera, R. (1995). *La endomicorriza vesículo-arbuscular. Asociación simbiótica entre hongos para la producción de frutales*. Agroproductividad.

Google (2020). *El globo terráqueo más detallado del mundo*. Image 2020. CNES/Airbus. Recuperado de <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>

Harrison, M. (2005). *Simbiosis de micorrizas*. México.

INIA. (2012). *Ficha técnica: maíz morado*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Recuperado de <http://www.inia.gob.pe/SIT/consPR/adjuntos/2131.pdf>

ITIS. (2020). *Sistema Integrado de Información Taxonómica*. Recuperado de: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_val=506567#null.

Justiniano, E. (2010). *Fenología e intensidad de color en el coronta de maíz morado (Zea mays L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de la Molina* (Tesis post grado), Universidad Nacional Agraria la Molina.

- Recuperado de
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1716/PAG11.139-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ledesma, I. (2013). *Evaluación del comportamiento agronómico de 20 híbridos de maíz provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) más siete testigos comerciales, en tres ambientes del litoral ecuatoriano*. Escuela Politécnica del Ejército. Santo Domingo, Ecuador
- Lock, S. (1997). *Colorantes naturales*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú: Fondo Editorial. PUCP.
- Manrique, A. (2000). *Maíz morado peruano*. Instituto Nacional de Investigación Agraria - INIA. Recuperado de https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/996/1/Manrique-Maiz_Morado_Peruano.pdf
- Marschner, H. y Römheld, V. (1996). *Root-induced changes in the availability of micronutrients in the rhizosphere*. New York.
- Martínez, H. (2015). *Técnica de análisis espectrofotometría de antocianinas en materias primas de la región Ayacucho*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. Recuperado de http://209.45.73.22/bitstream/UNSCH/946/1/Tesis%20AI157_Mar.pdf
- Medina, A., Narro, L. y Chávez, A. (2020). *Cultivo de maíz morado (Zea mays L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina*. Scientia Agropecuaria. Recuperado de

https://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000300291

Mendoza, N. (2017). *Contenido de antocianina y rendimiento de seis variedades de maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2735 msnm - Ayacucho* (Tesis pregrado). Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga. Ayacucho, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2658>

Mendoza, S. (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.

MIDAGRI. (2021). *El maíz morado peruano*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Lima: Dirección General de Políticas Agraria/Dirección de Estudios Económicos . Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2567685/El%20Ma%C3%ADz%20Morado%20Peruano.pdf>

Montes, Y. (2017). *Nutrición orgánica en el desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz morado (zea mays l.) pmv-581, en condiciones edafoclimáticas del distrito de Pilcomarca – Huánuco, 2016* (Tesis pregrado). Universidad Nacional Herminio Valdizán de Huánuco.

Orellana, H. (1990). *Microbiología* (Segunda ed.). Quito, Ecuador.

Ortas, L. (2008). *El cultivo de maíz: fisiología y aspecto generales*. Recuperado de <https://rdudemo.unc.edu.ar/bitstream/handle/123456789/703/Agrigan%20bolet%C3%ADn%207.pdf?sequence=1>

Ortiz, K. (2013). *Elaboración de un sorbete a base de harina de maíz morado (Zea*

mays L) mezclado con bacterias lácteas naturales.

Ospina, J. (2015). *Manual técnico del cultivo de maíz bajo buenas prácticas agrícolas*. Medellín, Colombia: Gobernación de Antioquía, secretaria de agricultura y desarrollo rural.

Otiniano, V. (2012). *Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (Zea mays L.) variedad morada nativa cultivada en la ciudad de Trujillo* (Tesis pregrado). Universidad Cesar Vallejo.

Perez, M. (2018). *Comportamiento agronómico y contenido de antocianina de tres ecotipos de maíz morado (Zea mays L.) bajo condiciones semiaridas de Arequipa - 2013* (Tesis pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Pinedo, R. (2015). *Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (Zea mays L.) en la localidad de Cannán - Ayacucho* (Tesis de posgrado), Universidad Nacional Agraria la Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/952/T007370.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pliego, E. (2015). *El maíz su origen su historia y expansión. Panorama Cultural*. Recuperado de http://www.panoramacultural.com.co/index.php?option=com_content&vi

Pozo, M. (2015). *Efecto del guano de islas y trebol (Medicago hispida G.) en condiciones de Azangaro – Huanta – Ayacucho* (Tesis pregrado), Universidad Nacional de Huancavelica.

Puma, J. (1998). *Dos fuentes de materia orgánica y el rendimiento de maíz morado en zonas áridas cultivar Canteño* (Tesis pregrado). Universidad Nacional

San Agustín de Arequipa.

- Quispe, A. (2016). *Aplicación de micorrizas en semilla botánica para el enraizamiento de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en la ciudad de Huaraz -Ancash* (Tesis pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Recuperado de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1452>
- Quispe, J., Arroyo, K., y Gorriti, A. (2007). *Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa – Perú*. Proyecto N° 317-2007. CONCYTEC.
- Quispe, R. (2003). *Estudio De la Exportación de Antocianinas del Camote Morado (*Ipomoea batatas* L.)* (Tesis pregrado). Universidad Nacional Agraria Ña Molina. Lima, Perú.
- Rabanal, M. y Medina, A. (2021). *Evaluación del rendimiento, características morfológicas y químicas de variedades del maíz morado (*Zea mays* L.) en la región Cajamarca-Perú*. Terra Latinoamericana . Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v39/2395-8030-tl-39-e829.pdf>
- Requis, V. (2012). *Manejo Agronómico de Maíz Morado en Valles Interandinos del Perú*. Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Rimache, M. (2008). *Cultivo de maíz (*Zea mays* L.)*. Vol. 1° Edición. Lima, Perú: Empresa editora Macro E.I.R.L. 111 p
- Risco, M., Donckers, R., Avendaño, E., Martínez, A., Quispe, R., Pérez, L., Arostegui, L., Calderón, C., Guerra, F. y Valdez, L. (2007). *Conociendo la cadena productiva del maíz morado en Ayacucho*. Proyecto PRA. Perú.
- Salinas, Y., García, C., Coutiño, B., y Vidal, V. (2013). Variabilidad en contenido

y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. INIAF. *Rev. Fitotec. Mex.*, 294.

Santistevan, N. (2015). *Efecto de láminas de riego en producción de maíz en Río-Nuevo Santa Elena*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2231/1/UPSE-TIA-2015-014.pdf>

Selosse, M. A. (2006). *Manual de micorrizas*. Venezuela.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Dirección Regional Tacna Moquegua. (2021). *Boletín hidroclimático dirección zonal (Tacna y Moquegua)*. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/04101SENA-85.pdf>

Suquilanda, M. (2003). *Producción orgánica de hortalizas en la sierra norte y central del Ecuador*. Quito-Ecuador, Quito-Ecuador: Edición gráfica.

Trappe, J. (1994). *What is a mycorrhiza? Proceedings of the fourth European Symposium on mycorrhizae. Granada, España*.

Turipana. (2002). *Las plantas micorrizadas*. Recuperado de <http://www.turipana.org.co/micorrizas.html>.

Tusplantas. (2005). *Función de las micorrizas en el ecosistema de plantas y cultivos*. Recuperado de <http://www.tusplantas.org.co/micorrizas.html>.

Valera, O. P. (2019). *Efecto de la altitud en el rendimiento y en el contenido de antocianinas de maíz morado (Zea mays L.) en el distrito de Ichocán* (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.

Vásquez, A. (2000). *Manejo de Cuencas Altoandinas*. Tomo II.

Vega, L., Márquez, K., y Alvarez, L. (2021). *Glosario de Términos Agronómicos*.

Perú.ICES