



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"
Facultad de Agronomía
Dirección Unidad de Investigación
"Fundo Arrabales" Altura Km 299 Panamá. Sur
Teléf.:056-257444 Anexo 25
Ica – Perú



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

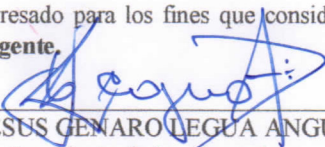
CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE TESIS N°034-2024

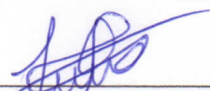
En la Unidad de Investigación de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, de la ciudad de Ica, se expide la presente Constancia de Revisión de Autenticidad de Trabajos de Tesis luego de cumplir con la evaluación mediante el **SOFTWARE ANTIPLAGIO** de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, según detalle:

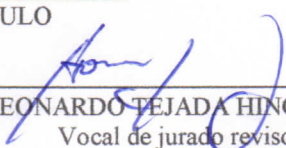
ITEMS	DATOS
OPERADOR DE PROGRAMA INFORMÁTICO DE ITHENTICATE EVALUADOR DE ORIGINALIDAD	ROSA ISABEL ZEVALLOS TORRES
FECHA DEL ANÁLISIS	Ica, 03 de setiembre de 2024
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO POR:	MENDOZA HERNANDEZ CARLOS ORLANDO
TRABAJO DE TESIS TITULADO:	"DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO (<i>Zea mays</i> L.) Cv. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA".
FACULTAD	AGRONOMÍA
TRAMITE	EVALUACIÓN DE SIMILITUD
RESULTADO	APROBADO
PORCENTAJE DE AUTENTICIDAD	96%
PORCENTAJE DE SIMILITUD	04%
OBSERVACIONES	<ul style="list-style-type: none">• Se analizó la TESIS mediante el programa informático iThenticate.• Se consideró la exclusión de cadenas sintácticas de 40 palabras, se adjunta pantallazo de la exclusión. <p>(15.5 La exclusión de cadenas sintácticas cortas proceden para evitar que, frases habituales o de conexión, sean reportadas como similitudes. La longitud de las cadenas excluidas no debe superar las cuarenta (40) palabras y debe adecuarse a las características de la disciplina a la que corresponde el documento evaluado, además debe constar en el informe los criterios de exclusión utilizados.)</p>

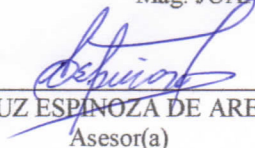
Asimismo en **REGLAMENTO DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"** Aprobado con Resolución Rectoral N°048-R-UNICA-2021 - el artículo N°32-Procedimiento para la obtención del Título profesional - inciso 14 que a la letra dice: Si el resultado del sistema Antiplagio es favorable, los revisores le entregan al asesorado una constancia de aprobación y remiten un informe al comité de investigación, quien lo deriva a la unidad de investigación para que elabore un oficio dirigido al decano informando sobre la aprobación de la tesis acompañando el informe y copia de la tesis.

Se expide la presente a solicitud del interesado para los fines que considere correspondientes que se encuentren tipificados dentro de la normatividad vigente.


Dr. JESUS GENARO LEGUA ANGULO
Presidente de jurado revisor


M.Sc LUIS FELIPE SOLIS ROSAS DIAZ
Secretario de jurado revisor


Mag. JUAN LEONARDO TEJADA HINOJOZA
Vocal de jurado revisor


Dra. LUZ ESPINOZA DE ARENAS
Asesor(a)

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Determinación del efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado (*Zea mays L.*) Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica

Línea de investigación: Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles

INFORME FINAL DE TESIS

CARLOS ORLANDO MENDOZA HERNÁNDEZ

Ica, Perú

2022

DEDICATORIA

A DIOS:

Por la vida y salud que me permiten seguir avanzando.

A MIS PADRES:

CARLOS MENDOZA y GLENDA HERNÁNDEZ

Las personas más importantes de mi vida,
que me forjaron como la persona que soy
y cuyo apoyo incondicional fue indispensable
para poder llegar hasta este punto.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, Alma Mater de mi formación profesional.

A los Docentes de la Facultad de Agronomía, por compartir sus conocimientos y enseñanzas durante mi formación profesional.

A la Ph. D. Luz Espinoza de Arenas, mi Asesora por la paciencia y tino que permitieron que las cosas se ejecutaran debidamente.

Al Ing. Mag. Guillermo Espino Tipismana, por su valioso apoyo.

A los Sres. Ciro y Jhon Palomino, que nos facilitaron el terreno y su apoyo en toda labor que fuera necesaria, en conjunto con otro grupo humano que siempre lo hizo con la mejor de las disposiciones.

Agradezco de la forma más sincera posible a todas las personas que pusieron su grano de arena para que este trabajo de investigación pudiera ejecutarse y finalizar de la mejor manera.

“Lo que con mucho trabajo se obtiene, más se ama”

- Aristóteles.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCION	1
1.1. Antecedentes de la investigación.	6
1.2. Formulación del problema.	10
1.3. Justificación e importancia de la investigación.	11
1.4 Hipótesis.....	12
1.5. Objetivos.	12
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	13
2.1. Terreno experimental.....	13
2.2. Análisis de suelo	13
2.3. Observaciones meteorológicas.....	14
2.4. Tipo, nivel y diseño de la investigación	14
2.5. Material biológico.....	14
2.6. Tratamientos	15
2.7 Metodología de aplicación de los tratamientos	15
2.8 Diseño experimental	16
2.9 Características del campo experimental.....	16
2.10 Conducción del experimento	18
2.11 Variables evaluadas	21
2.12 Análisis económico.....	23
2.13 Análisis estadísticos.....	23
III. RESULTADOS.....	24
IV. DISCUSIÓN.....	39
V. CONCLUSIONES	48
VI. RECOMENDACIONES	49
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
VIII. ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Análisis físico-mecánico del suelo	13
Tabla 2	Análisis químico del suelo	13
Tabla 3	Observaciones meteorológicas de junio a noviembre 2022	14
Tabla 4	Tratamientos en estudio	15
Tabla 5	Cronograma de riegos	19
Tabla 6	Cronograma del manejo fitosanitario	20
Tabla 7	Análisis de Varianza del porcentaje de emergencia en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	24
Tabla 8	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del porcentaje de emergencia en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	24
Tabla 9	Análisis de varianza de longitud de la parte aérea en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	25
Tabla 10	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte aérea en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	25
Tabla 11	Análisis de Varianza de la longitud de la parte radicular en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	25
Tabla 12	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la longitud de la parte radicular en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	26
Tabla 13	Análisis de Varianza del peso seco de la biomasa aérea en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	26
Tabla 14	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la biomasa aérea en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	27
Tabla 15	Análisis de Varianza del peso seco de la biomasa radicular en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	27
Tabla 16	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso seco de la biomasa radicular en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	28
Tabla 17	Análisis de Varianza de los días al inicio de floración masculina en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	28
Tabla 18	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de los días al inicio de floración masculina en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	29

Tabla 19	Análisis de Varianza de los días al inicio de floración femenina en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	29
Tabla 20	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de los días al inicio de floración femenina en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	30
Tabla 21	Análisis de Varianza de los días a la madurez fisiológica en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	30
Tabla 22	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de los días a la madurez fisiológica en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	31
Tabla 23	Análisis de Varianza de la altura de planta a la cosecha en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	31
Tabla 24	Prueba de Rango Múltiple de Duncan de la altura de planta a la cosecha en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	32
Tabla 25	Análisis de Varianza del peso de mazorca en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	32
Tabla 26	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de mazorca en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	33
Tabla 27	Análisis de Varianza del peso de 100 granos en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	33
Tabla 28	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del peso de 100 granos en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	34
Tabla 29	Análisis de Varianza del rendimiento de mazorca por planta en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	34
Tabla 30	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del rendimiento de mazorca por planta en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	35
Tabla 31	Análisis de Varianza del rendimiento de mazorca por parcela en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	35
Tabla 32	Prueba de Rango Múltiple de Duncan del rendimiento por parcela en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	36
Tabla 33	Análisis económico de los tratamientos en estudio en el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica	38

Tabla 34	Porcentaje de emergencia	62
Tabla 35	Longitud de la parte aérea	62
Tabla 36	Peso seco de la parte aérea	62
Tabla 37	Longitud de la parte radicular	63
Tabla 38	Peso seco de la parte radicular	63
Tabla 39	Floración masculina	63
Tabla 40	Floración femenina	64
Tabla 41	Madurez fisiológica	64
Tabla 42	Altura de planta a cosecha	64
Tabla 43	Peso de 100 granos	65
Tabla 44	Peso de mazorca	65
Tabla 45	Rendimiento por planta	65
Tabla 46	Rendimiento por parcela	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 1	Distribución de los tratamientos en el croquis experimental	17
Figura 2	Rendimiento de mazorca por hectárea (estimado)	36
Figura 3	Resultados de análisis de suelo proporcionado por el laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina	56
Figura 4	Porcentaje de humedad relativa mensual periodo 2022 proporcionado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú	57
Figura 5	Temperatura máxima mensual periodo 2022 proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú	58
Figura 6	Temperatura mínima mensual periodo 2022 proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú	59
Figura 7	Temperatura media mensual periodo 2022 proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú	60
Figura 8	Horas de sol promedio mensual periodo 2022 proporcionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú	61
Figura 9	Riego de machaco	68
Figura 10	Gradeo y planchado en húmedo	68
Figura 11	Inoculación de las semillas	68
Figura 12	Siembra	68
Figura 13	Riego de mantenimiento	68
Figura 14	Reinoculación por drench	68
Figura 15	Rizobacterias empleadas	69
Figura 16	Segunda fertilización	69
Figura 17	Aporque	69
Figura 18	Toma de muestras para peso seco	69
Figura 19	Secado en estufa	69
Figura 20	Pesaje de muestras	69
Figura 21	Manejo de aves	70
Figura 22	Cosecha	70
Figura 23	Medición de altura de planta	70
Figura 24	Medición de humedad de granos	70
Figura 25	Pesaje de mazorcas	70
Figura 26	Pesaje de granos	70

RESUMEN

En un huerto local ubicado en la zona baja del valle de Ica, distrito de Santiago, se realizó la presente investigación para determinar el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado (*Zea mays L.*) Cv. PMV-581, comparando seis tratamientos: *Azotobacter* sp. (T1), *Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. (T2), *Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp. (T3), *Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. (T4), Fertilización con NPK (T5) y Testigo absoluto (T6); en el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro repeticiones, en siembra de junio (otoño) y cosecha en noviembre (primavera) en un suelo franco y clima sub-tropical. Los resultados muestran que, para el porcentaje de emergencia, longitud de la parte aérea, peso seco de la parte aérea y radicular y madurez fisiológica, no hubo diferencias significativas; mientras que, en los días a inicio de floración masculina y femenina, altura de planta, peso de mazorca y peso de 100 granos; el T5 mostró el mejor resultado. El mayor rendimiento de mazorcas con diferencia estadísticamente significativa lo obtuvo el T5, fertilizado con NPK, alcanzando 9 723.61 kg ha⁻¹, seguido de los tratamientos con inoculación de rizobacterias 3, 2, 4 y 1 ocupando el segundo lugar con 7 917.01, 7 880.21, 7 634.37 y 7594.79 kg ha⁻¹, respectivamente, relegando al último lugar el T6, testigo absoluto, con 6 821.87 kg ha⁻¹. Se concluye que las rizobacterias afectan positivamente los caracteres morfoproductivos del maíz morado, siendo una opción más sana y saludable.

Palabras clave: Maíz morado, rizobacterias, inoculación, rendimiento.

ABSTRACT

In a local orchard located in the lower area of the Ica valley, Santiago district, the present investigation was carried out to determine the effect of inoculation with rhizobacteria on the yield and morphoagronomic characters in purple corn (*Zea mays* L.) Cv. PMV-581, comparing six treatments: *Azotobacter* sp. (T1), *Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. (T2), *Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp. (T3), *Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. (T4), NPK fertilization (T5) and absolute control (T6); in the completely randomized block design (DBCA) with four repetitions, sowing in June (autumn) and harvesting in November (spring) in a loamy soil and subtropical climate. The results show that, for the percentage of emergence, length of the aerial part, dry weight of the aerial and root part and physiological maturity, there were no significant differences; while, on the days at the beginning of male and female flowering, plant height, ear weight and weight of 100 grains; T5 showed the best result. The highest ear yield with a statistically significant difference was also obtained by T5, fertilized with NPK, reaching 9 723.61 kg ha⁻¹, followed by treatments with rhizobacteria inoculation 3, 2, 4 and 1, occupying second place with 7 917.01, 7 880.21, 7 634.37 and 7 594.79 kg ha⁻¹, respectively, relegating T6 to last place, the absolute witness, with 6 821.87 kg ha⁻¹. It is concluded that rhizobacteria positively affect the morphoproductive characters of purple corn, making it a healthier and healthier option.

Keywords: Purple maize, rhizobacteria, inoculation, yield.

I. INTRODUCCION

De acuerdo con Sierra y selva exportadora [1], el maíz morado, es un cultivo oriundo del Perú, que actualmente se ubica dentro del grupo de los “Superfood” o “Súper alimentos”, con altas propiedades nutricionales que benefician a la salud; tal como Guillen-Sánchez et al. [2] señalan que el maíz morado es una planta oriunda de América, que tiene el epispermo de las semillas (granos) y la tusa (coronta) de color morado, lo que le otorga características especiales a los pigmentos que poseen, llamados antocianinas. Agregan que, debido a su alto contenido de estos; y compuestos fenólicos, actúa como un poderoso antioxidante natural y anticancerígeno, teniendo además propiedades funcionales debido a sus compuestos bioactivos.

Los niveles de antocianina presentes en sus granos y coronta representan un potencial de desarrollo en diversas industrias dando una ventaja competitiva mundial a nivel comercial para desarrollarlo. Sin embargo, los niveles de productividad no son homogéneos en todas las zonas de producción, debido a diversos factores como los climáticos, fisiográficos, entre otros; haciéndose necesario un plan de fortalecimiento integral desde el proceso productivo hasta su comercialización, para poder lograr una mayor perspectiva comercial a futuro [1].

El incremento constante y exponencial de la población, genera mayor demanda en la producción de alimentos, lo que a su vez demanda que el campo produzca mayor cantidad de alimentos de origen agrícola; por otro lado, como señalan Alcarraz y Soto [3], la crisis internacional que afronta el mundo, relacionada a los conflictos bélicos entre países directamente e indirectamente relacionados con la producción de fertilizantes, repercute en un incremento en el costo de los fertilizantes sintéticos y como consecuencia se produce escasez en los mercados internacionales; lamentablemente, el Perú, como muchos otros países, tiene una agricultura dependiente del suministro de fertilizantes sintéticos, cuya escasez y altos costos genera impacto negativo en la agricultura y por consiguiente la producción de alimentos; por lo que, se hace necesario reflexionar sobre la dependencia de los abonos sintéticos y tomar medidas para impulsar la búsqueda de alternativas innovadoras para la fertilización.

Como indican Fosado et al. [4], el modelo agrícola de la Revolución Verde ha conducido a la degradación paulatina de los suelos, teniendo como ejemplo al uso indiscriminado de los fertilizantes sintéticos que, si bien incrementan los rendimientos hasta cierto punto, también acidifican el suelo, acumulan sales, provocan estrés hídrico, contaminan las aguas y las cosechas, entre otros; por lo que, Pérez y Sánchez [5] comentan que una de las alternativas al problema mencionado, es el uso de bacterias rizosféricas con propiedades de promoción de crecimiento vegetal como son las bacterias que usan mecanismos como fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo, producción de índoles y sideróforos, para favorecer la toma de nutrientes y así

promover el crecimiento vegetal. En la rizósfera están presentes diferentes géneros bacterianos entre los que se destacan *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Rhizobium*, entre otros.

Las bacterias del género *Azotobacter* son fijadoras de N de vida libre, solubilizadoras de P y productoras de sustancias promotoras de crecimiento. Los efectos benéficos en la productividad y rendimiento de diferentes cultivos por la inoculación con *Azotobacter* han sido demostrados por distintos autores, confirmando con ello que las aplicaciones de estas bacterias favorecen la interacción suelo – microorganismo – planta [6].

Considerando todo lo señalado, se pone a disposición de estudiantes, técnicos, agricultores y profesionales del agro, el presente trabajo de investigación realizado en la zona baja del valle de Ica, utilizando rizobacterias como biofertilizantes con la finalidad de aportar nuevas alternativas viables frente al uso de la fertilización química convencional aplicadas al cultivo de maíz morado, considerando que es posible evitar mayor contaminación al suelo y el agua, con la aplicación de productos biotecnológicos que de manera exitosa se viene utilizado en otros cultivos alimenticios.

1.1 Aspectos científicos vinculados a la investigación

1.1.1 Sobre el cultivo de maíz morado

Zea mays L. variedad morado, es un maíz de origen peruano; el producto cosechado es una mazorca (tusa y grano) constituido en un 85% por grano y 15% por coronta (tusa), que contiene el pigmento denominado antocianina, que se encuentra en mayor cantidad en la coronta y en menor proporción en el pericarpio (cáscara) del grano, siendo un importante alimento en la dieta peruana, pues, se utiliza frecuentemente en la preparación de bebidas como la chicha morada y postres como la mazamorra morada de consumo tradicional [7].

Medina y Rabanal [8] señalan que el Perú dispone de seis razas principales del maíz morado (Cuzco, Canteño, Caraz, Arequipeño, Negro de Junín, Huancavelicano), además de contar con cinco variedades mejoradas (INIA-615 Negro Canaán, INIA-601, PM-581, PM-582 y UNC-46), del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), respectivamente.

Salinas et al. [9], reporta que la cáscara del maíz morado contiene aproximadamente 10 veces más antocianinas que otras plantas, siendo más frecuentes encontrarlas en flores y frutos, estas estructuras son las que contribuyen a los brillantes colores rojos, azules y morados de estos tejidos vegetales. Podemos anticipar la producción industrial de antocianina, porque la cáscara de maíz morado contiene 10% de antocianinas. En la planta de maíz, las antocianinas están presentes en diferentes estructuras, como tallo, vaina, hojas e inflorescencias; en la mazorca se pueden encontrar en cáscara y grano. En el grano se ha reportado la presencia de antocianinas principalmente en el pericarpio [9].

Trujillo [10] precisa que PMV – 581, es una “variedad mejorada” por el Programa de Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina a partir de la variedad Morado de Caraz, adaptada a la costa y sierra baja, con resistencia a Roya y Cercospora, periodo vegetativo intermedio, mazorcas medianas (15 a 20 cm) y alargadas, alto contenido de pigmento y un potencial de rendimiento de 6 t/Ha, aunque otras fuentes reportan rendimientos superiores, como Cabrera [11] quien obtuvo rendimientos entre 7 065.1 hasta 9 459 Kg/Ha con alturas de planta entre 245.1 a 285.2 cm, variando de acuerdo a la cantidad de agua de riego por campaña.

Sobre la fenología de la variedad PMV 581 de maíz morado, Justiniano [12] menciona que, en La Molina, Lima, esta variedad presentó el 50% del campo con la rama final de la floración masculina completamente visible a los 96 días después de la siembra y a los 102 días el 50% del campo presentó la floración femenina visible fuera de las mazorcas, alcanzando la madurez fisiológica 77 días después de la floración femenina y tras haber pasado por las fases de grano perlita, lechoso, pastoso y dentado a los 14, 27, 34 y 48 días después de la floración femenina respectivamente.

Pinedo et al. [13], con respecto a la variedad PMV-581, señalan que se trata de un cultivar que se adapta a las condiciones de sierra media entre los 1,800 a 2800 msnm, con temperaturas medias anuales de 12° a 20°C y con una precipitación media anual de 500 a 1000 mm. Mencionan además que pese al enorme potencial que tiene esta especie, de las 240 000 ha de maíz amiláceo sembrado en el país, solo 5 000 ha corresponden al maíz morado, siendo las zonas de mayor área sembrada Arequipa, Ica, Lima, Huánuco, Cajamarca y Ayacucho.

El maíz morado, es una planta oriunda de América, que tiene el epispermo de las semillas (granos) y la tusa (coronta) de color morado, lo que le otorga características especiales a los pigmentos que poseen (entre 1,5% y 6,0%), llamados antocianinas, que pertenecen al grupo de los flavonoides. Debido a su alto contenido de antocianinas (cianin-3-glucosa C3G que es su principal colorante) y compuestos fenólicos actúa como un poderoso antioxidante natural y anticancerígeno, teniendo además propiedades funcionales debido a estos compuestos bioactivos [2].

El maíz morado también aporta cantidades importantes de almidón, cerca del 80%; un 10% de azúcares los cuales le confieren un sabor dulce, un 11% de proteínas, 2% de minerales y vitaminas (complejo B y ácido ascórbico) concentrados en el endospermo. Además del valor nutricional, el maíz morado tiene una composición rica en fitoquímicos, que tienen efectos benéficos en nuestro cuerpo, tales como neutralizar los radicales libres y actuar como antimutagénico [2].

1.1.2 Sobre las rizobacterias

InfoAgro [14], refieren que las bacterias del género *Azotobacter* forman un grupo especial de microorganismos fijadores de nitrógeno de vida libre unicelulares que pueden fijar nitrógeno atmosférico en condiciones aerobias. En la fijación biológica de Nitrógeno de la planta, por parte de microorganismos rizosféricos, la planta les proporciona una fuente de carbono disponible por los exudados. La enzima denominada nitrogenasa actúa en condiciones de ausencia de oxígeno por ser rápidamente inhibida por este elemento. Las bacterias del género *Azotobacter* son capaces de generar este ambiente microaerobio mediante su alta tasa de respiración que consume el O₂ en el entorno de la bacteria.

El género *Azotobacter*, se encuentra ampliamente descrito en suelos tropicales asociado a la rizósfera de plantas de maíz, su efecto beneficioso no se debe solamente a la cantidad de N₂ atmosférico fijado, sino a la capacidad de producir vitaminas y sustancias estimuladoras del crecimiento como ácido indolacético, ácido giberélico, citoquininas y vitaminas, que influyen directamente en el desarrollo vegetal [15].

Las bacterias del género *Azotobacter* tienen la capacidad de solubilizar fosfatos gracias a que liberan o excretan ácidos orgánicos (ácido oxálico, cítrico, glucónico y otros) que influyen fuertemente en la solubilización del fósforo poco soluble del suelo y su posterior utilización en la nutrición de la planta. También tienen la capacidad de sintetizar sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal como aminoácidos, vitaminas, fosfolípidos, auxinas, giberelinas, citoquininas, etc; compuestos que son capaces de incrementar el vigor general de las plantas [14].

Hoffman et al. [16], señalan que algunas especies de microorganismos poseen la habilidad de convertir el dinitrógeno atmosférico (N₂) a amonio (NH₄⁺) mediante la acción de la enzima nitrogenasa, y que, estas especies son denominados diazótrofos y requieren de energía para realizar su metabolismo. Dentro de los diazótrofos capaces de realizar este proceso se encuentran los denominados fijadores de vida libre, los cuales fijan N₂ atmosférico sin necesidad de otras formas vivas, siendo la familia *Azotobacteriaceae* la que agrupa uno de los géneros más importantes utilizados en la biofertilización a diferentes cultivos, como el género *Azotobacter*.

Las bacterias del género *Azotobacter* pertenecen a la familia Azotobacteriaceae. Son Gram negativas quimioorganotrófica y su morfología varía desde bacilos (forma de bastoncillo) hasta cocos (forma esférica). Son diazótrofas, es decir, que tienen la habilidad de convertir el dinitrógeno atmosférico (N₂) a amonio (NH₄⁺), mediante la acción de la enzima nitrogenasa. Se reproducen por fisión binaria que es típica de bacterias y que es una reproducción eficaz y rápida [14].

Covelli [17] menciona que los rizobios son bacterias diazotrófas que se caracterizan por su exclusiva capacidad de formar estructuras fijadoras de N₂ denominadas nódulos en determinados hospedadores. Informa que realizó una gran división basada en la velocidad de crecimiento en placas de Petri conteniendo extracto de levadura-manitol (YEM), clasificando a los rizobios de crecimiento lento como *Bradyrhizobium*, a los de crecimiento rápido como *Rhizobium* y con un criterio similar, se creó un género aparte para los que muestran una velocidad de crecimiento intermedia, denominándose Mesorhizobium.

Caycedo et al. [18] señalan que *Bacillus* son microorganismos fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fosfato, que mediante sus procesos metabólicos generan enzimas que catalizan la ruptura de los enlaces del nitrógeno y del ácido fítico constituyéndose en precursores de reacciones químicas, también suplen las necesidades de fósforo en las plantas a través de la solubilización, usando mecanismos como la liberación de ácidos orgánicos, gradientes de protones y mecanismos de catálisis, siendo una solución viable a los problemas de baja disponibilidad de fosfato en suelos.

Corrales et al. [19], refieren que el género *Bacillus* es secretor de proteínas y metabolitos eficientes para el control de plagas y enfermedades, promueve el crecimiento vegetal a través de la solubilización de fósforo y la producción de reguladores de crecimiento como el ácido indol acético; así mismo participa en la fijación de nitrógeno cuando hace parte de consorcios microbianos. Señalan además que, como biofertilizante es una opción amigable para el suelo y el ambiente que da respuesta a la necesidad de implementar la agricultura sostenible.

Vanlnsberghe et al. [20], sobre *Bradyrhizobium*, señala que es una bacteria Gram negativa, con un flagelo subpolar o polar, vive en el suelo y forma relaciones simbióticas con especies de plantas leguminosas donde fijan nitrógeno a cambio de carbohidratos de la planta, forma nódulos en las raíces de las plantas del género *Lupinus*, que es una leguminosa que está ampliamente distribuida en los páramos andinos y tienen un alto contenido proteico. Refiere que *Bradyrhizobium* sp. tiene un gran potencial como inoculante.

1.2 Descripción de la realidad problemática

En los valles interandinos de la sierra peruana entre los 2 000 a 3 000 msnm, el maíz amiláceo morado de la raza Kculli adquiere especial importancia para los agricultores maiceros por constituir su producción una actividad rentable, sobre todo a partir de que numerosas investigaciones reportan sobre sus propiedades nutraceuticas y antioxidante que está determinando que su mercado sea creciente, por lo cual ha sido considerado en los planes del Programa Sierra Exportadora, como señala Requis [21].

Como se sabe en nuestro país los mayores consumidores de este producto son los pobladores de la costa, sobre todo de Lima. Sin embargo, en los valles interandinos muchos factores (bióticos y abióticos) limitan la producción, la mayoría de ellos pueden ser controlados eliminando sus causas. Es necesario mejorar la tecnología de este cultivo para alcanzar niveles óptimos mediante el uso racional de los recursos agrícolas e implementando prácticas agronómicas adecuadas.

En tal sentido, la presente investigación tiene la finalidad de dar a conocer los resultados del uso de alternativas innovadoras en el manejo nutricional del maíz morado, utilizando rizobacterias que contribuyan a disminuir el uso de fertilizantes sintéticos impulsando una producción más saludable del producto cosechado; de tal manera que se incentive el incremento del área de siembra, de la producción y productividad, para mejorar las condiciones de su comercialización en el mercado local, nacional y de exportación.

1.1. Antecedentes de la investigación.

Antecedentes internacionales

Cano et al. [22] señalan que la expresión “Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal” (RPCV) fue acuñada por J. W. Kloepper y M. N. Schroth en 1978, para describir las bacterias que habitan la rizósfera y que afectan positivamente el desarrollo de las plantas. Estas bacterias tienen la capacidad de colonizar activamente el sistema radicular para favorecer y/o mejorar su crecimiento y rendimiento. Representan alrededor del 2 al 5 % de las bacterias rizosféricas. Los siguientes géneros de bacterias han sido reportados como RPCV: *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcous*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* y *Serratia*.

Bonilla et al. [23] refieren que, de acuerdo a lo expresado por varios autores, se conocen mecanismos directos e indirectos para la promoción del crecimiento vegetal. Los mecanismos directos se relacionan con la producción de fitohormonas de tipo auxinas y giberelinas o la regulación de la producción de hormonas por parte de la planta. Asimismo, pueden afectar la disponibilidad de nutrientes por la intervención directa en los ciclos biogeoquímicos; es el caso de la fijación biológica de nitrógeno y la solubilización de nutrientes tan importantes como el fósforo. Indirectamente, las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, pueden contribuir mediante la inducción de la resistencia sistémica a fitopatógenos, el control biológico de enfermedades, la producción de antibióticos y de sideróforos (esta clasificación no está completamente diferenciada debido a la gran cantidad de interrelaciones entre los dos mecanismos).

Pérez [24], informa que evaluó el efecto de la biofertilización y abonos orgánicos en la productividad del maíz, en Chiapas-México, probando ocho tratamientos que consistieron en la aplicación o no de humus de lombriz (6 T/Ha), con y sin la inoculación y co-inoculación de *Glomus intraradices* y de *Azospirillum. brasilense*, en un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones. Según sus resultados, reporta que, al evaluar la altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y volumen de raíz, encontró que éstos fueron 76.7, 31.9, 23.4 y 53.7 %, respectivamente, más altos con la aplicación de humus de lombriz. Señala también que, sobre el peso seco de follaje y el rendimiento de grano, obtuvo diferencias estadísticamente significativas, siendo 142 y 27 % más alto respectivamente en el tratamiento con humus + *Glomus* + *Azospirillum* que el testigo. Concluye que, el humus de lombriz influyó positivamente en la actividad de los biofertilizantes para promover la producción de biomasa aérea seca y el rendimiento de grano del maíz; además de mejorar el crecimiento vegetativo de la planta.

Sánchez-Yáñez et al. [25], refieren que en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo – México, realizaron una investigación con el objetivo de analizar la respuesta del maíz a la inoculación con *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. a la dosis 50% del FN, bajo un diseño experimental de bloques al azar. Señalan que evaluaron las variables: porcentaje de germinación (%); la fenotípica aérea y radical; y la biomasa: peso fresco aéreo (PFA) y radical (PFR); el peso seco aéreo (PSA) y radical (PSR). Los resultados indicaron un efecto positivo de ambos géneros de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) en el maíz desde su germinación, a nivel de plántula y en floración, destacando la coinoculación con un PSR de 7,03 g, que superó significativamente al testigo sin inocular y con FN recomendada, con 2,60 g de PSR. Concluyen que existe una interacción sinérgica de *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. en la síntesis de sustancias promotoras de crecimiento vegetal (SPCV) en maíz para optimizar la dosis reducida del fertilizante nitrogenado, permitiendo un adecuado y sano crecimiento.

Morais et al. [26], refieren que, en el Brasil, investigaron el efecto de la inoculación de cepas tropicales de *Bacillus* sp. en el área superficial de la raíz del maíz, peso seco, absorción de nutrientes y rendimiento de grano, usando un sistema hidropónico. Precisan que, la raíz de maíz se inoculó por separado con seis cepas de *Bacillus* sp. y se cultivó en solución nutritiva. Señalan que midieron varias características de raíces, peso seco y contenido de nutrientes en plántulas de maíz, también midieron la producción in vitro de moléculas bacterianas similares a IAA y evaluaron el rendimiento del maíz inoculado en condiciones de campo sin fósforo agregado y fertilización del suelo con superfosfato triple. Como resultado, encontraron que todas las cepas aumentaron el peso seco total y de los brotes, siendo las cepas B2084, B119 y B32 las que tuvieron el mayor rendimiento, produciendo la mayor

biomasa, contenido de nutrientes de los brotes y área de superficie de la raíz en comparación con otras cepas en hidroponía. Refieren que, en los experimentos de campo, la inoculación de la cepa B116 aumentó el rendimiento del maíz y la acumulación de fósforo en los granos alrededor de un 36% y un 58 %, respectivamente, y la B119 aumentó el fósforo en los granos en un 21 % en suelos sin fósforo agregado.

Huete et al [27], realizaron una investigación con el objetivo de evaluar la respuesta del maíz (*Zea mays*) a la inoculación con *Azotobacter chroococcum* con diferentes dosis, aplicando el 50% del fertilizante nitrogenado, y una combinación de *A. chroococcum* y *vermicompost*, en el diseño experimental en bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro replicas, evaluando caracteres morfológicos expresados en por ciento de germinación de la semilla, altura de la planta, peso fresco aéreo, peso fresco radical, peso seco aéreo y peso seco radical. Los resultados probaron la respuesta positiva del cultivo del maíz a la inoculación con *A. chroococcum* solo y combinado con *vermicompost* en todas las variables estudiadas. Los mejores resultados lo obtuvieron con la aplicación combinada de *A. chroococcum* y *vermicompost* a dosis de 15 lha⁻¹ y 2 t ha⁻¹ respectivamente, expresados en un 98.4% de germinación de la semilla, una altura de planta de 1,14 m; un peso seco aéreo de 10,1 g y un peso seco radical de 5,1 g.

Antecedentes nacionales

León y Rojas [28] señalan que determinaron el potencial promotor del crecimiento vegetal de *Azotobacter spp.* aislados de la rizósfera de malezas en cultivos de maíz (*Zea mays* L.) en Lambayeque, con el objetivo de encontrar alternativas para disminuir el uso de fertilizantes químicos. Refieren que, empezaron identificando 37 malezas en cultivos de maíz procedentes de campos agrícolas de los distritos de Monsefú y Reque. Informan que las bacterias fueron aisladas de su rizósfera, obteniendo 305 cultivos puros de bacterias, de los cuales 133 cultivos puros (43,7%) se identificaron como *Azotobacter spp.*, y de esto se identificó con más precisión a *A. vinelandii* (58%), *A. paspali* (13%), *A. armeniacus* (8%), *A. nigricans* (8%) y en 13 cultivos no se identificó la especie. Los resultados demostraron el potencial promotor de *Azotobacter spp.* del crecimiento vegetal en las condiciones establecidas.

Paredes [29], informa que para determinar el efecto de la aplicación de *Bacillus sp.* y *Streptomyces spp.* nativas en el desarrollo vegetativo y rendimiento de maíz amarillo duro; utilizó un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones, *Bacillus spp.* cepas 19 y 27, y *Streptomyces spp.* cepas 67 y 77. Señala que consideró los siguientes tratamientos: Testigo absoluto (T0), Testigo con 100% de fertilizante químico (T1), Bacteria sp.1 + 50% de fertilizante químico (T2), Bacteria sp.2 + 50% de fertilizante químico (T3), Bacteria sp.1 (T4), Bacteria sp.2 (T5) y Bacteria sp.1 + Bacteria sp.2 (T6), realizando la inoculación a la

rizosfera a los 14 días de la siembra y se evaluó a los 30, 60 y 90 días. Señala que como resultado obtuvo que las bacterias nativas incrementaron el desarrollo vegetativo y rendimiento de maíz, abriendo la posibilidad de utilizar las bacterias promotoras del crecimiento para disminuir la fertilización química.

Pinedo [30], menciona que en Canaán, provincia de Huamanga, región Ayacucho, en el campo experimental del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), probó sobre dos variedades de maíz morado: INIA-615 Negro Canaán y PMV- 581, cuatro niveles de fertilización (NPK) para evaluar variables biométricas, agronómicas y contenido de antocianina con un Diseño de Bloque Completo al Azar con arreglo factorial; no encontrando diferencias significativas entre niveles de fertilización en días a la floración masculina ni femenina, altura de planta, entre otras; pero sí en rendimiento de mazorca y contenido de antocianina. También hubo diferencias significativas entre variedades para peso de grano, peso de mazorca y rendimiento de mazorca. Destacan también que el mayor rendimiento de mazorca la tuvo la variedad INIA-615-Negro Canaán con 3,67 T/Ha seguida de la variedad PMV-581 con 2,78 T/Ha.

Antecedentes locales

Barrientos y Gonzales [31], informan que, en la zona baja del valle de Ica, en maíz amarillo duro, probaron ocho tratamientos con cinco repeticiones, siendo la aplicación de cepas (solas y combinadas) de *Bacillus* sp., *Azotobacter* sp. y *Bradyrhizobium* sp. Señalan que como resultado obtuvieron que el mayor rendimiento se logró con la aplicación de la combinación de las cepas (*Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) con 12,278.89 kg/ha de grano seco, sin diferencia significativa con la combinación *Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. Los autores concluyen que la mayoría de componentes del rendimiento como longitud de mazorca, diámetro de mazorca, peso de 100 granos, etc., presentaron resultados similares, superando al testigo fertilizado con NPK.

Ancasi y Camacho [32], señalan que en su trabajo de investigación realizado en terrenos del fundo Arrabales, zona media del valle de Ica, evaluaron el efecto de la aplicación dinámica de productos biotecnológicos microbianos en el rendimiento del maíz híbrido DEKALB 399: consorcio de *Rhizobium* spp. (RHIZOTEC –A), consorcio de *Bacillus* spp. (RHIZOTEC –B), consorcio de *Pseudomonas* spp. (RHIZOTEC –C) y consorcio de Actinomicetos (RHIZOTEC-D).

Señalan que, como resultado, a los 30 y 50 días, destacó el efecto de la aplicación de Bacipluz + Pseudomin tanto a 1 l/ha como a 2 l/ha, en el peso seco por planta y longitud de raíz. Los autores concluyen que todos los productos biotecnológicos utilizados superaron en el rendimiento de grano promedio al testigo fertilizado (NPK), destacando con más de 8 ton ha-

1 de grano: Actinip + Pseudomin (2 l/ha), Bacipluz + Pseudomin (1 l/ha) y Rhizopro + Pseudomin (2 l/ha).

Almeyda y Vilca [33], informan que en su trabajo de investigación realizado en el fundo “Don Alberto”, zona media del valle de Ica, evaluaron el efecto de la inoculación con cepas de *Bacillus* sp. y *Bradyrhizobium yuanmiguense* como promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), en el híbrido de maíz DEKALB 399, en un diseño en bloques completamente al azar, con ocho tratamientos y cinco repeticiones. Como resultados obtuvieron que, en longitud de mazorca, destacó el testigo fertilizado con NPK alcanzando 19.69 cm en promedio, seguido de la combinación *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium yuanmiguense* inoculada a la semilla y reinoculada a los 15 días después de la siembra, con 16.21 cm de longitud de mazorca. Los autores, reportan que, en cuanto al rendimiento, el testigo fertilizado con NPK logró el mayor promedio con 11,348 kg/ha de grano; mientras que el tratamiento combinado de *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium yuanmiguense* inoculado a la semilla y reinoculado a los 15 días después de la siembra, se ubicó en el segundo lugar con 7,890 kg/ha de grano.

Cárdenas y Montero [34], refieren que realizaron una investigación en maíz morado PMV-581, inoculando cepas seleccionadas de *Bacillus* sp. B13 y B5111, solas o combinadas, con la fertilización 150-00-120 ó 120-00-100 de NPK, considerando testigos sin inoculación y fertilizados con cada una de las dosis NPK y un testigo absoluto, para evaluar el rendimiento y principales caracteres morfoproductivos en Subtanjalla – Ica, en diseño en bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones. Señalan que los resultados indican que las cepas de *Bacillus* sp., B13 y B5111, mejoraron la disponibilidad del Fósforo del suelo y junto con la fertilización 150-00-120 ó 120-00-100 NPK en niveles alto y bajo, lograron incrementar el rendimiento de mazorcas mayor a 8 toneladas por hectárea, superando significativamente al testigo fertilizado con NPK y al testigo absoluto, que lograron 6,6 y 6,0 t ha⁻¹ de mazorcas, respectivamente.

1.2. Formulación del problema.

Problema General

¿Cuál será el efecto de la inoculación con rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos del maíz morado, cultivar PMV 581, en la zona baja del valle de Ica?

Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto de la inoculación con cepas de rizobacterias sobre el rendimiento del maíz morado, cultivar PMV 581, en la zona baja del valle de Ica?

- ¿Cuál será el efecto de la inoculación con cepas de rizobacterias sobre los caracteres morfoagronómicos del maíz morado, cultivar PMV 581, en la zona baja del valle de Ica?

1.3. Justificación e importancia de la investigación.

1.3.1 Justificación

Se debe considerar que año tras año la población a nivel mundial y nacional incrementa, y con ello la demanda de cultivos alimenticios. Nuestro país es poseedor y consumidor del maíz morado, siendo según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo [35], un cultivo autóctono en proceso de demostración científica.

Es imprescindible encontrar formas sostenibles de mejorar la productividad del cultivo y evitar caer a largo plazo en una situación de escasez del producto; pues como se sabe se avecinan tiempos complicados para la producción de alimentos, debido a la escasez creciente de fertilizantes sintéticos nitrogenados como la urea; por lo que ahora más que antes, se justifica buscar alternativas que minimicen el impacto de dicha escasez; tal como es el uso de las bacterias benéficas conocidas como rizobacterias que juegan un rol muy importante en la nutrición o biofertilización de los cultivos.

La investigación en la agricultura es fundamental en la sociedad y este proyecto se justifica plenamente, porque pretende seguir esa línea al buscar un modo de obtener mejores resultados en términos de rendimiento y caracteres morfoagronómicos del maíz morado que es un cultivo de creciente demanda interna y externa por sus propiedades antioxidantes basadas en su contenido de antocianina a través de la inoculación con rizobacterias, que es una innovación tecnológica de fácil adopción por los agricultores, apostando por el enfoque hacia una agricultura sostenible.

1.3.2 Importancia

Es innegable la importancia del maíz morado para la salud humana por ser un cultivo que aporta antocianina que son antioxidantes; es decir, sustancias químicas que neutralizan a los radicales libres o moléculas que actúan sobre las células sanas y provocan reacciones en cadena que terminan dañando tejidos y órganos. Ello incide en el envejecimiento celular y en el desarrollo de diversos tipos de cáncer.

Por otro lado, frente al aumento poblacional constante en estas épocas, no se puede dejar de hacer investigación en agricultura, especialmente ahora cuando la revista inglesa “The economist” [36] ha advertido sobre una crisis alimentaria global, estando entre los motivos, el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania, haciendo de suma importancia seguir en la constante búsqueda de la mejora en la productividad del cultivo de manera sostenible, de

modo que se reduciría el impacto negativo sobre el ambiente y se obtendría una alternativa frente a una probable situación de escasez futura, siendo ésta la importancia de este trabajo.

Se considera que el presente proyecto de investigación es un importante aporte al conocimiento sobre la acción de las rizobacterias en un cultivo como el maíz morado cuya demanda se incrementa de manera progresiva.

1.4 Hipótesis

Hipótesis general

La inoculación con rizobacterias mejora el rendimiento y caracteres morfoagronómicos del maíz morado, cultivar PMV 581, en la zona baja del valle de Ica.

Hipótesis específicas

- La inoculación con cepas de rizobacterias mejora el rendimiento del maíz morado, cultivar PMV 581, en la zona baja del valle de Ica.
- La inoculación con cepas de rizobacterias mejora los caracteres morfoagronómicos del maíz morado, cultivar PMV 581, en la zona baja del valle de Ica.

1.5. Objetivos.

Objetivos generales.

Determinar el efecto de la inoculación con cepas de rizobacterias sobre el rendimiento y caracteres morfoagronómicos en maíz morado (*Zea mays* L.) Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica.

Objetivos específicos.

- Determinar el efecto de la inoculación con cepas de rizobacterias sobre el rendimiento en maíz morado (*Zea mays* L.) Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica.
- Determinar el efecto de la inoculación con cepas de rizobacterias sobre los principales caracteres morfoagronómicos en maíz morado (*Zea mays* L.) Cv. PMV 581, zona baja del valle de Ica.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Terreno experimental

La fase de campo del proyecto se ejecutó en la zona baja del valle de Ica, distrito de Santiago, provincia y departamento de Ica, en un huerto chacra, propiedad privada del Sr. Jhon Palomino. Se puede ubicar con las siguientes coordenadas UTM: 419474.4652 E 8448986.072 N.

2.2. Análisis de suelo

Con la finalidad de determinar las características físico - mecánicas y químicas del terreno experimental, se tomó en zig-zag 20 submuestras para luego homogenizarlas y así obtener una muestra compuesta de dos kilogramos para los análisis respectivos (Tabla 1 y 2).

TABLA 1
ANÁLISIS FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO

Determinación	Profundidad del suelo (00-30 cm)	Método empleado
Arena (%)	48	Hidrómetro
Limo (%)	34	Hidrómetro
Arcilla (%)	18	Hidrómetro
Textura	Franco	Triángulo textural

Nota: Resultados obtenidos del Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes - Universidad Nacional Agraria La Molina.

TABLA 2
ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

Determinaciones	Profundidad 0.00-0.30 m	Método	Interpretación
Materia Orgánica (%)	0.87	Walkley y Black	Bajo
Fósforo Disponible (ppm)	5.9	Olsen	Bajo
Potasio Disponible(ppm)	141	Acetato de amonio	Medio
Calcáreo CaCO ₃ (%)	0.36	Gasó - volumétrico	Bajo
C.I.C (meq/100 g)	9.6	Acetato de amonio	Bajo
Ca (meq/100 g)	7.35	FAAS	Alto
Mg (meq/100 g)	1.70	FAAS	Medio
K (meq/100 g)	0.38	FAAS	Medio
Na (meq/100 g)	0.17	FAAS	Bajo
C.E (dS/m)	0.38	Electrométrico	Bajo
pH	7.95	Electrométrico	Mod. Alcalino

Nota: Resultados obtenidos del Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes - Universidad Nacional Agraria La Molina.

2.3. Observaciones meteorológicas

La información meteorológica, se obtuvo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI - Ica), correspondiente a las temperaturas máximas, mínimas, medias, humedad relativa del ciclo que duró el cultivo de maíz morado.

TABLA 3
OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS DE JUNIO A NOVIEMBRE 2022

Meses	Temperatura °C			Horas de sol \bar{X}	Humedad relativa %
	Máxima \bar{X}	Media \bar{X}	Mínima \bar{X}		
Junio	25.9	17.3	8.8	6.7	S/D
Julio	25.6	17.6	9.7	7	84.14
Agosto	26.9	18.2	9.5	8.1	84.67
Septiembre	26.9	18.2	9.5	7.3	82.53
Octubre	29	19.5	10	8.7	82.09
Noviembre	30.3	21.3	12.4	8.4	81.8

Nota: Información obtenida de la Estación MAP – San Camilo, SENAMHI - Ica.

2.4. Tipo, nivel y diseño de la investigación

La presente investigación es cuantitativa de tipo experimental, descriptivo.

El nivel de la investigación es correlacional, explicativa de los caracteres de cada uno de los tratamientos en estudio.

Su diseño establece una relación entre las variables independientes (X) como las cepas de rizobacterias y las variables dependientes (Y), como rendimiento y caracteres morfoagronómicos, tratando de investigar la influencia de una sobre la otra respondiendo a la pregunta de investigación controlando las variables independientes y analizando cómo afectan a las variables dependientes.

2.5. Material biológico

El material biológico consistió en la semilla seleccionada de maíz morado, cultivar PMV 581, de procedencia de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Las rizobacterias: *Bradyrhizobium* sp. cepa LMTR 28 y *Bacillus* sp. cepa B13, del Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria.

La rizobacteria: *Azotobacter salinestris*, se obtuvo de manera comercial.

2.6. Tratamientos

Los tratamientos se conformaron al utilizar cepas seleccionadas de Rizobacterias: *Azotobacter* sp., *Bacillus* sp. y *Bradyrhizobium* sp., que se aplicaron solas o combinadas, incluyendo los testigos fertilizados (NPK+) y testigo absoluto (NPK-), siendo en total seis tratamientos (Tabla 4)

TABLA 4
TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

N°	Tratamientos o combinaciones	Detalle	Dosis: ml/kg semilla
01	<i>Azotobacter</i>	Inoculación	1.0
02	<i>Azotobacter</i> sp+ <i>Bacillus</i> sp	Co-inoculación	0.5 + 0.5
03	<i>Azotobacter</i> sp+ <i>Bradyrhizobium</i> sp	Co-inoculación	0.5 + 0.5
04	<i>Azotobacter</i> sp+ <i>Bacillus</i> sp+ <i>Bradyrhizobium</i> sp	Co-inoculación	0.33+0.33+0.33
05	NPK+	Testigo fertilizado	150 – 120 – 100
06	NPK-	Testigo absoluto	00 – 00 – 00

2.7 Metodología de aplicación de los tratamientos

La metodología de aplicación de los tratamientos se detalla a continuación; para lo cual se explican los términos siguientes:

Inoculación. – Es el término utilizado cuando la semilla de maíz fue inoculada solamente con la cepa de *Azotobacter* sp.

Co inoculación. – Es el término utilizado cuando la semilla de maíz, además de ser inoculada con las cepas seleccionadas de *Bacillus* sp. o *Bradyrhizobium* sp, también recibió el inoculante a base de *Azotobacter* sp. También en el caso en que se utilizaron las cepas de *Bacillus* sp. y *Bradyrhizobium*, como inoculantes, de manera combinada.

- Momentos antes de la siembra, se procedió a inocular o co-inocular la semilla de maíz morado debidamente contadas y pesadas, con las rizobacterias, según lo planificado. Se tuvo cuidado de inocular a tempranas horas del día, bajo sombra, evitando exponer al sol a los inoculantes. Como materiales de bioseguridad se utilizó guantes, mascarilla y envases de primer uso.
- La semilla de las parcelas correspondientes al tratamiento 1 (*Azotobacter*), se sembraron sin inocular y a los ocho días después de la siembra, con las plantitas emergidas, se procedió a inocular al cuello de planta, en drench, para lo cual, previamente se realizó calibración del gasto de agua de la mochila a utilizar.
- La semilla de las parcelas correspondientes al tratamiento 2, se inocularon con *Bacillus* sp.; para lo cual, la semilla se colocó en una bolsa de plástico de primer uso, se agregó

gotas de agua mineral, unos gramos de suelo mullido y la dosis correspondiente del inoculante, formando una pasta húmeda que se impregnó a la semilla frotando suavemente. La semilla inoculada se sembró y a los ocho días después de la siembra, con las plantitas recién emergidas, se inocularon con la cepa de *Azotobacter* al cuello de planta, en drench.

- La semilla de las parcelas correspondientes al tratamiento 3, se inocularon con *Bradyrhizobium* sp. para lo cual, la semilla se colocó en una bolsa de plástico de primer uso, se agregó gotas de agua mineral, unos gramos de suelo mullido y la dosis correspondiente del inoculante, formando una pasta húmeda que se impregnó a la semilla frotando suavemente. La semilla inoculada se sembró y a los ocho días después de la siembra, las plantitas recién emergidas fueron inoculadas con *Azotobacter* al cuello de planta, en drench.
- La semilla de las parcelas correspondientes al tratamiento 4, se co inocularon con *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.; para lo cual se siguió el mismo procedimiento de las inoculaciones mencionadas; con la diferencia que se utilizó la mitad de la dosis de cada inoculante y a los ocho días después de la siembra a las plantitas recién emergidas, fueron inoculadas con *Azotobacter* al cuello de planta, en drench.
- La semilla del tratamiento 5 correspondió al testigo fertilizado, que se sembró sin inocular, y a los 15 días después de la siembra (dds) se procedió a aplicar el 50% del N, todo el Fósforo (P_2O_5) y todo el Potasio (K_2O), según lo indicado en el croquis experimental, completando el otro 50% de N después del aporque.
- La semilla del tratamiento 6 correspondió al testigo absoluto (sin inocular y sin fertilizar), de igual manera, se sembró sin inocular.
- A los 30 días después de la emergencia, se realizó la reinoculación (R) en drench a las parcelas según lo indicado en el croquis experimental; para lo cual se volvió a calcular el gasto de agua.

2.8 Diseño experimental

La presente investigación se basa en el método científico, por lo cual se utilizó el Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones, haciendo un total de 24 unidades experimentales.

2.9 Características del campo experimental

Las características relacionadas con las dimensiones de las parcelas, bloques y calles del campo experimental, se detallan a continuación.

Dimensiones del terreno:

- Largo (sentido transversal de surcos)	:	19.20 m
- Ancho (sentido longitudinal de surcos)	:	22.00 m
- Área Total	:	422.4 m ²
- Área de calles	:	76.8 m ²
- Área Neta	:	345.6 m ²

Croquis experimental

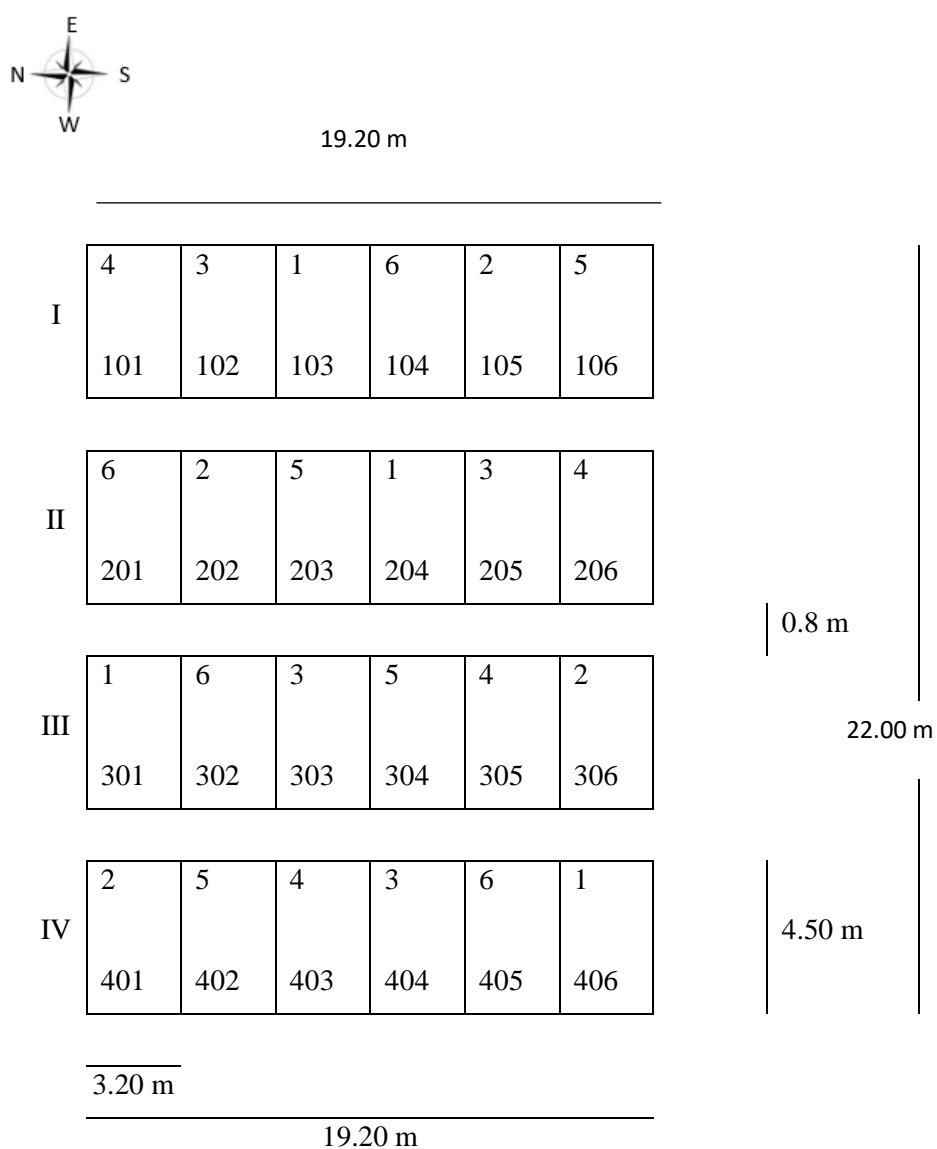


Fig. 1. Distribución de los tratamientos en el croquis experimental

Bloques:

- Número de Repeticiones	:	4
- Largo (sentido transversal de surcos)	:	19.20 m
- Ancho (sentido longitudinal de surcos)	:	4.50 m
- Área neta de un Block	:	86.4 m ²

Parcela:

- Largo (sentido longitudinal de surcos)	:	4.50 m
- Ancho (sentido transversal de surcos)	:	3.20 m
- Área de una parcela	:	14.40 m ²
- Número de parcelas por Bloque	:	6
- Número de surcos/parcela	:	4
- Distancia entre surcos	:	0.80 m
- Distancia entre golpes	:	0.30 m
- Número de plantas por golpe	:	2
- Número de golpes por surco	:	14

2.10 Conducción del experimento**Preparación del terreno**

La preparación del terreno experimental se inició el 31 de mayo del 2022 con la aradura en seco, planchado y surcado a 60 cm para el riego de machaco. El 1 de junio del 2022 se realizó el tomo y limpieza de acequia, dándose finalmente el machaco el 3 de junio del 2022 utilizando agua de pozo.

Luego de diez días, el 13 de junio del 2022, se realizó la aradura en húmedo, planchado y surcado a 80 cm para la siembra.

Demarcación del terreno experimental

Se llevó a cabo el 15 de junio del 2022, a tempranas horas de la mañana, utilizando yeso, cinta métrica (wincha), estacas y tarjetas, demarcando las parcelas experimentales dentro de sus correspondientes bloques con las medidas adecuadas conforme a lo establecido en el croquis experimental.

Siembra

El 15 de junio del 2022, mismo día de la demarcación del terreno, se ejecutó la siembra colocando 4 semillas por golpe en el fondo del surco, apoyados por una lampa, siendo los distanciamientos; 0.8 m entre surcos y 0.3 m entre golpes.

Desahije

Consistió en eliminar las plantas más débiles de cada golpe, dejando aquellas más vigorosas, para evitar la competencia entre ellas, propiciando el adecuado desarrollo del cultivo. Se llevó a cabo el 4 de julio del 2022.

Cultivos y deshierbos

Los deshierbos se realizaron apoyados de una lampa con la frecuencia necesaria para dejar el campo limpio y evitar la competencia entre la especie vegetal de interés en este trabajo con las diferentes especies arvenses; por nutrientes, agua, espacio, entre otros. Para facilitar esta labor, se tuvo especial cuidado de realizarlo después de los riegos, aprovechando la humedad del suelo.

Las malezas que predominaron durante el desarrollo del trabajo experimental fueron:

<u>Nombre común</u>	<u>Nombre científico</u>
Capulí cimarrón	<i>Nicandra physalodes</i>
Gramma china	<i>Cynodon dactylon</i>
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>

Riegos

Siendo el cultivo de maíz exigente en el líquido elemento, se efectuaron riegos tomando en cuenta el estadio fenológico del cultivo, además de considerar las condiciones climáticas de la época, llegándose a aplicar un total de ocho riegos de mantenimiento y uno de machaco previo a la siembra (Tabla 5).

TABLA 5
CRONOGRAMA DE RIEGOS

Nº de riegos	Fecha de aplicación	Edad (días)	Volumen aprox. (m ³ ha ⁻¹)
--	3-06-2022	00	1 500
01	6-07-2022	21	600
02	1-08-2022	47	980
03	23-08-2022	69	980
04	1-09-2022	78	980
05	12-09-2022	89	980
06	20-09-2022	97	980
07	26-09-2022	103	980
08	13-10-2022	120	980
TOTAL			8 960

Aporque

Se realizó el 10 de agosto del 2022 con la finalidad de darle un buen soporte a las plantas, permitir la formación de raíces adventicias y así optimizar las condiciones de absorción de agua por las raíces. Para ello, se empleó tracción animal (caballo más implemento), dado el tamaño pequeño del campo experimental.

Manejo Fitosanitario

El manejo fitosanitario se basó en la prevención y evaluación continua o monitoreo de plagas, según su incidencia en cada etapa fenológica; lo que permitió tomar las decisiones más oportunas posible (Tabla 6).

TABLA 6
CRONOGRAMA DEL MANEJO FITOSANITARIO

Fecha	Labor realizada	Producto	Dosis	Plagas a controlar
28/06/2022	Colocación de cebo tóxico	Melaza, afrecho y Chlorpyrifos	11.4 L, 25 Kg y 3 Kg	<i>Agrotis sp.</i> y <i>Spodoptera frugiperda</i>
17/07/2022	Aplicación química	Chlorpyrifos	1 L/Ha	<i>Spodoptera frugiperda</i>
31/07/2022	Aplicación del granulado	Diazinon	8 Kg/Ha	<i>Spodoptera frugiperda</i>
13/08/2022	Aplicación química	Chlorfenapyr	0.15 L/200L	<i>Spodoptera frugiperda</i>
1/10/2022	Aplicación química	Chlorpyrifos	1 L/Ha	<i>Spodoptera frugiperda</i> <i>Heliothis zea</i>
13/10/2022	Aplicación química	Emamectin benzoato	0.1 Kg/Ha	<i>Spodoptera frugiperda</i> <i>Heliothis zea</i>

Manejo de daño por aves

Durante la etapa de maduración de las mazorcas, de manera progresiva empezó a aparecer daños por aves; por lo que se tuvo que recurrir a utilizar diversas estrategias para controlar o disminuir estos daños: sin embargo, ante la gravedad de la situación se tuvo que recurrir a contar con los servicios de un cañón espantapájaros móvil e impulsado por gas. Dicho implemento a través de su cañón, generaba detonaciones periódicas que se tuvo que graduar para tener entre 80 a 120 decibeles; con lo cual, por fin se pudo mantener alejadas a las aves, permitiendo terminar el ciclo del cultivo con el menor daño posible.

Cosecha

La labor de recolección o cosecha se dio inicio el 22 de noviembre del 2022, a los 160 días después de la siembra, extrayendo las mazorcas de los dos surcos centrales y depositándolas en sacos identificados con cartillas rotuladas donde se especificaba el código de la unidad experimental.

Las mazorcas de los surcos centrales de cada parcela se llevaron a una era para que pudieran completar su secado y poder realizar las evaluaciones restantes, cuidando de mantener la calidad comercial del producto cosechado.

2.11 Variables evaluadas

Las variables o características que se evaluaron, se relacionan con el rendimiento y caracteres morfoagronómicos de interés, siendo:

1. Porcentaje de emergencia (%)

Se obtuvo contando el número de plantas emergidas a los nueve días, y comparando con el número de semillas sembradas por parcela, se obtuvo el porcentaje de emergencia por cada parcela.

2. Longitud de la parte aérea (cm)

A los setenta y cuatro días después de la siembra (dds), se extrajeron dos plantas competitivas de un mismo golpe de los surcos centrales por cada parcela y se separó la parte aérea de la parte radicular de cada una.

Se tomó la longitud del tallo de cada planta extraída por separado empleando una cinta métrica y se obtuvo el promedio respectivo.

3. Longitud de la parte radicular (cm)

A las mismas plantas que se les tomó la longitud de la parte aérea, se separó la parte radicular y se tomó la longitud de raíz a cada planta extraída por separado, expresando el promedio por planta.

4. Peso seco de la biomasa aérea (g)

Las mismas plantas que se extrajeron para tomar la longitud de la parte aérea, se acondicionaron en bolsas de papel debidamente rotuladas, iniciando así el secado previo al ingreso a estufa, siendo llevadas posteriormente a estufa a 80 °C por 48 horas para posteriormente, tomar el peso seco de la biomasa aérea, expresando el promedio por planta.

5. Peso seco de la biomasa radicular (g)

Las mismas plantas que se extrajeron para tomar la longitud de la parte radicular, se

acondicionaron en bolsas de papel debidamente rotuladas, siendo llevadas posteriormente a estufa a 80 °C por 48 horas y luego, tomar el peso seco de la biomasa radicular, expresando el promedio por planta.

6. Días al inicio de la floración masculina (días).

Se anotó los días transcurridos desde la emergencia hasta cuando el 50% de plantas por parcela presentaron la floración masculina, sabiendo que es la floración que primero aparece en las plantas de maíz morado.

7. Días al inicio de la floración femenina (días).

Se anotó los días transcurridos desde la emergencia a cuando el 50% de plantas por parcela presentaron la floración femenina, la cual ocurre varios días después que la floración masculina.

8. Altura de planta (m).

Se tomó la altura de tres plantas de los surcos centrales por parcela, previo a la cosecha, con una wincha metálica, midiendo del cuello de planta al terminal de la inflorescencia masculina, obteniendo el promedio por planta.

9. Días a la madurez fisiológica (días).

Se anotó los días transcurridos desde la emergencia a cuando el 75% de mazorcas presentaron madurez fisiológica del grano, el cual se reconoció

7. Peso de mazorca (g)

Haciendo uso de una balanza de precisión, se pesaron 10 mazorcas de plantas de los surcos centrales de cada parcela experimental para obtener el peso promedio por mazorca

8. Peso de mazorca por planta (g)

Se anotó el peso de las mazorcas de 10 plantas de los surcos centrales de cada parcela, obteniendo el promedio por planta.

9. Peso de 100 granos (g)

Se tomó el peso de tres grupos de 100 granos cada uno, los que fueron obtenidos de la parte media de mazorcas de plantas de los surcos centrales de cada parcela, hallando el promedio respectivo.

10. Peso de mazorca por parcela (kg)

Se obtuvo el peso de las mazorcas de todas las plantas de los surcos centrales de cada parcela experimental.

11. Rendimiento de mazorcas por hectárea (kg)

Se estimó el rendimiento de mazorcas por hectárea, transformó el peso de mazorcas por parcelas con una regla de tres simple.

2.12 Análisis económico

Con los datos del costo de producción por hectárea del maíz morado, el rendimiento obtenido con cada tratamiento, los precios de los inoculantes, los jornales y el precio de venta de la mazorca en campo, se realizó el análisis económico correspondiente para identificar el tratamiento más rentable, con una mayor tasa de retorno.

2.13 Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando la prueba de “F” para el análisis de varianza (ANVA) al nivel 0.05 y 0.01 de significación estadística; y para la comparación de promedios se utilizó la Prueba de Rango Múltiple de Duncan al 0.05 de probabilidad, teniendo en cuenta el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones. También se hallaron los promedios, las desviaciones estándar y el coeficiente de variación de cada variable evaluada.

III. RESULTADOS

3.1 Porcentaje de emergencia

En el análisis de varianza realizado para el porcentaje de emergencia (Tabla 7), no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos; se encontró diferencia altamente significativa entre las repeticiones o boques, con un coeficiente de variación de 1.83%.

TABLA 7

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE EMERGENCIA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamientos	5	39.26	7.85	2.68	2.90	4.56	N.S.
Repeticiones	3	73.69	24.56	8.40	3.29	5.42	**
Error experimental	15	43.88	2.93				
Total	23	156.82					
S _x = 0.856		CV= 1.83%		Promedio = 93.37%			

Nota: N.S. = No existe diferencia significativa, ** = Existe diferencia altamente significativa.

TABLA 8

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PORCENTAJE DE EMERGENCIA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

Clave	Tratamientos o combinaciones	Promedio (%)	Duncan 0.05	O.M
1	<i>Azotobacter</i> sp.	95.31	a	---
2	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp.	94.17	a	---
5	T 150 – 120 - 100 NPK	93.54	a	---
6	T Sin inoculación - Sin fertilización	93.33	a	---
4	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	92.71	a	---
3	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	91.15	a	---

Nota: Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

3.2 Longitud de la parte aérea

En el análisis de varianza realizado para la longitud de la parte aérea de la planta, (Tabla 9), se observa que existe diferencia significativa entre tratamientos y no así entre las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variabilidad fue de 9.74%.

TABLA 9

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LONGITUD DE LA PARTE AÉREA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamientos	5	2697.68	539.54	3.29	2.90	4.56	*
Repeticiones	3	735.26	245.09	1.49	3.29	5.42	N.S.
Error experimental	15	2461.68	164.11				
Total	23	5894.61					
$S_{\bar{x}} = 6.405$							
x		CV: 9.74%		Promedio= 131.52 cm			

Nota: N.S. = No existe diferencia significativa, * = Existe diferencia significativa.

TABLA 10

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LONGITUD DE LA PARTE AÉREA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICAS

Clave	Tratamientos o combinaciones	Longitud de la parte aérea		
		Promedio (cm/planta)	Duncan 0.05	O.M
1	<i>Azotobacter</i> sp.	145.31	a	1°
3	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	137.94	a	1°
5	T 150 – 120 - 100 NPK	137.38	a	1°
6	T Sin inoculación + Sin fertilización	128.63	b	2°
4	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	128.06	b	2°
2	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp.	111.81	b	2°

Nota: Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

3.3 Longitud de la parte radicular

No existe diferencia significativa entre tratamientos ni entre repeticiones o bloques para a longitud de la parte radicular, con un coeficiente de variabilidad de 12.09% (Tabla 11).

TABLA 11

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LONGITUD DE LA PARTE RADICULAR EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamientos	5	143.74	28.75	2.31	2.90	4.56	NS
Repeticiones	3	90.69	30.23	2.43	3.29	5.42	NS
Error experimental	15	186.41	12.43				
Total	23	420.83					
$S_{\bar{x}} = 1.763$							
x		CV = 12.09%		Promedio = 29.17 cm			

Nota: N.S. = No existe diferencia significativa.

TABLA 12

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LA LONGITUD DE LA PARTE RADICULAR EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

Clave	Tratamientos o combinaciones	Longitud de la parte radicular		
		cm/planta	Duncan 0.05	O.M.
5	T 150 – 120 - 100 NPK	33.44	a	1°
4	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	30.75	a b	1°
1	<i>Azotobacter</i> sp.	29.63	a b	1°
6	T Sin inoculación + Sin fertilización	27.88	a b	1°
3	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	27.25	a b	1°
2	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp.	26.06	b	2°

Nota: Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

3.4 Peso seco de la biomasa aérea

El análisis de varianza realizado para el peso seco de la biomasa aérea, indica que no se encontró diferencia significativa entre ninguna de las fuentes de variación, con un coeficiente de variabilidad de 20.07% (Tabla 13).

TABLA 13

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE LA BIOMASA AÉREA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamiento	5	391.037	78.207	1.278	2.90	4.56	NS
Repeticiones	3	63.416	21.139	0.345	3.29	5.42	NS
Error experimental	15	917.989	61.199				
Total	23	1372.443					
$S_x = 3.911$							
x		CV = 20.07%	Promedio = 38.98 g				

Nota: N.S. = No existe diferencia significativa.

TABLA 14

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO SECO DE LA BIOMASA AÉREA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

Clave	Tratamientos o combinaciones	Peso seco biomasa aérea		O.M
		(g/planta)	Duncan 0.05	
1	<i>Azotobacter</i> sp.	47.09	a	---
4	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	39.54	a	---
5	T 150 – 120 - 100 NPK	39.37	a	---
3	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp	37.57	a	---
6	T Sin inoculación + Sin fertilización	35.21	a	---
2	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp.	35.07	a	---

Nota: Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

3.5 Peso seco de la biomasa radicular

El análisis de varianza realizado para el peso seco de la biomasa radicular, no determinó diferencias estadísticas significativas para ninguna de las fuentes de variación. El coeficiente de variabilidad fue de 19.13% (Tabla 15).

TABLA 15

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE LA BIOMASA RADICULAR EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F c	F t		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamiento	5	1.61	0.32	0.82	2.90	4.56	NS
Repeticiones	3	0.82	0.27	0.69	3.29	5.42	NS
Error experimental	15	5.93	0.40				
Total	23	8.37					
$S_x = 0.316$		CV = 19.13%		Promedio = 3.29 g			
\bar{x}							

Nota: N.S. = No existe diferencia significativa.

TABLA 16

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO SECO DE LA BIOMASA RADICULAR EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

Clave	Tratamientos o combinaciones	Peso seco de biomasa radicular		
		(g/planta)	Duncan 0.05	O. M.
5	T 150 - 120 - 100 NPK	3.78	a	---
1	<i>Azotobacter</i> sp.	3.36	a	---
6	T Sin inoculación + Sin fertilización	3.28	a	---
3	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	3.25	a	---
4	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	3.14	a	---
2	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp.	2.92	a	---

Nota: Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

3.6 Días al inicio de la floración masculina

El análisis de varianza realizado no determinó diferencias estadísticas significativas para ninguna de las fuentes de variación, presentando un coeficiente de variabilidad de 2.65% (Tabla 17).

TABLA 17

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS DÍAS AL INICIO DE FLORACIÓN MASCULINA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F c	F t		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamientos	5	55.83	11.17	2.12	2.90	4.56	NS
Repeticiones	3	10.33	3.44	0.65	3.29	5.42	NS
Error experimental	15	79.17	5.28				
Total	23	145.33					
$S_x = 1.149$		CV = 2.65%	Promedio = 86.83 días				

Nota: N.S. = No existe diferencia significativa.

TABLA 18

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LOS DÍAS AL INICIO DE FLORACIÓN MASCULINA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

Clave	Tratamientos o combinaciones	Inicio de floración masculina		
		(días)	Duncan 0.05	O. M.
6	T Sin inoculación + Sin fertilización	89.50	a	1°
1	<i>Azotobacter</i> sp.	87.75	a b	1°
3	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	86.50	a b	1°
4	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	86.50	a b	1°
2	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp.	86.25	a b	1°
5	T 150 - 120 - 100 NPK	84.50	b	2°

Nota: Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

3.7 Días al inicio de la floración femenina

El análisis de varianza realizado para los días al inicio de la floración femenina, no determinó diferencias estadísticas significativas para ninguna de las fuentes de variación, con un coeficiente de variabilidad de 2.22% (Tabla 19).

TABLA 19

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS DÍAS AL INICIO DE FLORACIÓN FEMENINA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F c	F t		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamientos	5	48.00	9.60	2.01	2.90	4.56	NS
Repeticiones	3	10.33	3.44	0.72	3.29	5.42	NS
Error experimental	15	71.67	4.78				
Total	23	130.00					
$S_x = 1.093$		CV = 2.22%	Promedio = 98.50 días				

Nota: N.S. = No existe diferencia significativa.

TABLA 20

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LOS DÍAS AL INICIO DE FLORACIÓN FEMENINA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

Clave	Tratamientos o combinaciones	Inicio de floración femenina		
		(días)	Duncan 0.05	O.M.
6	T Sin inoculación + Sin fertilización	100.75	a	1°
1	<i>Azotobacter</i> sp.	99.25	a b	1°
3	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	98.50	a b	1°
2	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp.	98.25	a b	1°
4	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	98.25	a b	1°
5	T 150 - 120 - 100 NPK	96.00	b	2°

Nota: Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

3.8 Días a la madurez fisiológica

El análisis de varianza realizado para los días a la madurez fisiológica, no determinó diferencias estadísticas significativas para ninguna de las fuentes de variación, con un coeficiente de variabilidad fue de 1.26%.

TABLA 21

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS DÍAS A LA MADUREZ FISIOLÓGICA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F c	F t		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamientos	5	24.50	4.90	1.34	2.90	4.56	NS
Repeticiones	3	6.67	2.22	0.61	3.29	5.42	NS
Error experimental	15	54.83	3.66				
Total	23	86.00					
$\frac{S_{-}}{X} = 0.956$		CV = 1.26%	Promedio = 151.5 días				

Nota: N.S. = No significativa.

TABLA 22

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LOS DÍAS A LA MADUREZ FISIOLÓGICA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

Clave	Tratamientos o combinaciones	Días a la madurez fisiológica		
		(días)	Duncan 0.05	O.M.
6	T Sin inoculación + Sin fertilización	153.00	a	---
1	<i>Azotobacter</i> sp.	152.50	a	---
4	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	151.50	a	---
3	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	151.25	a	---
2	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp.	150.75	a	---
5	T 150 - 120 - 100 NPK	150.00	a	---

Nota: Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

3.9 Altura de planta a la cosecha

En la Tabla 23, del análisis de varianza muestra que se encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos y no significativa para las repeticiones o bloques, con un coeficiente de variabilidad de 3.52%.

TABLA 23

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA DE PLANTA A LA COSECHA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F c	F t		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamientos	5	0.26	0.05	6.89	2.90	4.56	**
Repeticiones	3	0.05	0.02	2.40	3.29	5.42	NS
Error experimental	15	0.11	0.01				
Total	23	0.42					
$S_x = 0.05$		CV = 3.52%		Promedio = 2.46 m			

Nota: N.S. = No existe diferencia significativa, ** = Existe diferencia altamente significativa.

TABLA 24

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DE LA ALTURA DE PLANTA A LA COSECHA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

Clave	Tratamientos o combinaciones	Altura de planta a la cosecha		
		m	Duncan 0.05	O.M.
5	T 150 - 120 - 100 NPK	2.66	a	1°
1	<i>Azotobacter</i> sp.	2.46	b	2°
3	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	2.45	b	2°
2	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp.	2.43	b	2°
4	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	2.43	b	2°
6	T Sin inoculación + Sin fertilización	2.31	b	2°

Nota: Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

3.10 Peso de mazorca

Efectuado el análisis de varianza presentado en la Tabla 25, se observan que hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos, mientras que no existe diferencia significativa entre repeticiones o bloques, con un coeficiente de variabilidad fue de 3.57%.

TABLA 25

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DE MAZORCA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFO-AGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F c	F t		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamientos	5	1593.54	318.71	28.60	2.90	4.56	**
Repeticiones	3	102.84	34.28	3.08	3.29	5.42	NS
Error experimental	15	167.18	11.15				
Total	23	1863.55					
$S_x = 1.670$		CV = 3.57%		Promedio = 93.63 g			

Nota: N.S. = No existe diferencia significativa, ** = Existe diferencia altamente significativa.

TABLA 26

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO DE MAZORCA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

Clave	Tratamientos o combinaciones	Peso de mazorca		
		(g)	Duncan 0.05	O.M.
5	150 - 120 - 100 NPK	110.23	a	1°
2	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp.	93.85	b	2°
3	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	93.63	b	2°
1	<i>Azotobacter</i> sp.	90.45	b	2°
4	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	89.93	b	2°
6	Sin inoculación + Sin fertilización	83.68	c	3°

Nota: Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

3.11 Peso de 100 granos

En la Tabla 27, del análisis de varianza realizado para el peso de 100 granos, se encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos; mientras que, para repeticiones o bloques, no hubo diferencia significativa, con un coeficiente de variabilidad fue de 5.43%.

TABLA 27

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DE 100 GRANOS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F t		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamientos	5	122.12	24.42	6.09	2.90	4.56	**
Repeticiones	3	24.50	8.17	2.04	3.29	5.42	NS
Error experimental	15	60.17	4.01				
Total	23	206.79					
$S_x = 1.001$		CV = 5.43%		Promedio = 36.88 g			

Nota: N.S. = Diferencia no significativa, ** = Diferencia muy significativa.

TABLA 28

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL PESO DE 100 GRANOS EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

Clave	Tratamientos o combinaciones	Peso de 100 granos		
		(g)	Duncan 0.05	O.M.
5	T 150 - 120 - 100 NPK	41.29	a	1°
2	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp.	37.08	b	2°
4	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	36.50	b	2°
1	<i>Azotobacter</i> sp.	36.46	b	2°
3	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	36.25	b	2°
6	T Sin inoculación - Sin fertilización	33.67	b	2°

Nota: Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

3.12 Rendimiento por planta

En el análisis de varianza para el rendimiento por planta (Tabla 29), se observa que se encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos y no se encontró diferencia significativa para repeticiones o bloques, con un coeficiente de variabilidad fue de 4.24%.

TABLA 29

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE MAZORCA POR PLANTA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F c	F t		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamientos	5	2902.38	580.48	33.93	2.90	4.56	**
Repeticiones	3	89.85	29.95	1.75	3.29	5.42	NS
Error experimental	15	256.64	17.11				
Total	23	3248.86					
$S_x = 2.068$		CV = 4.24%		Promedio = 97.50 g			

Nota: N.S. = Diferencia no significativa, ** = Diferencia muy significativa.

TABLA 30

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL RENDIMIENTO DE MAZORCA POR PLANTA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

Clave	Tratamientos o combinaciones	Rendimiento de mazorca		
		(g/planta)	Duncan 0.05	O.M.
5	T 50 - 120 - 100 NPK	119.65	a	1°
2	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp.	97.95	b	2°
3	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	97.15	b	2°
4	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	94.03	b	2°
1	<i>Azotobacter</i> sp.	92.93	b	2°
6	T Sin inoculación + Sin fertilización	83.30	c	3°

Nota: Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

3.13 Rendimiento de mazorca por parcela

En la Tabla 31, del análisis de varianza realizado para el rendimiento de mazorca por parcela, se encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos y no se encontró diferencia significativa para repeticiones o bloques, con un coeficiente de variabilidad de 4.09%.

TABLA 31

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE MAZORCA POR PARCELA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F c.	F t.		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamientos	5	9.64	1.93	35.44	2.90	4.56	**
Repeticiones	3	0.35	0.12	2.15	3.29	5.42	NS
Error experimental	15	0.82	0.05				
Total	23	10.80					
$S_x = 0.112$		CV = 4.09%		Promedio = 5.71 kg/parcela			

Nota: N.S. = Diferencia no significativa, ** = Diferencia muy significativa.

TABLA 32

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN DEL RENDIMIENTO POR PARCELA EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

Clave	Tratamientos o combinaciones	Rendimiento de mazorca			
		kg/parcela	kg/ha	Duncan 0.05	O. M.
5	T 150 - 120 - 100 NPK	7.00	9 723.61	a	1°
3	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	5.70	7 917.01	b	2°
2	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp.	5.67	7 880.21	b	2°
4	<i>Azotobacter</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. + <i>Bradyrhizobium</i> sp.	5.50	7 634.38	b	2°
1	<i>Azotobacter</i> sp.	5.47	7 594.79	b	2°
6	T Sin inoculación + Sin fertilización	4.91	6 821.88	c	3°

Nota: Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí.

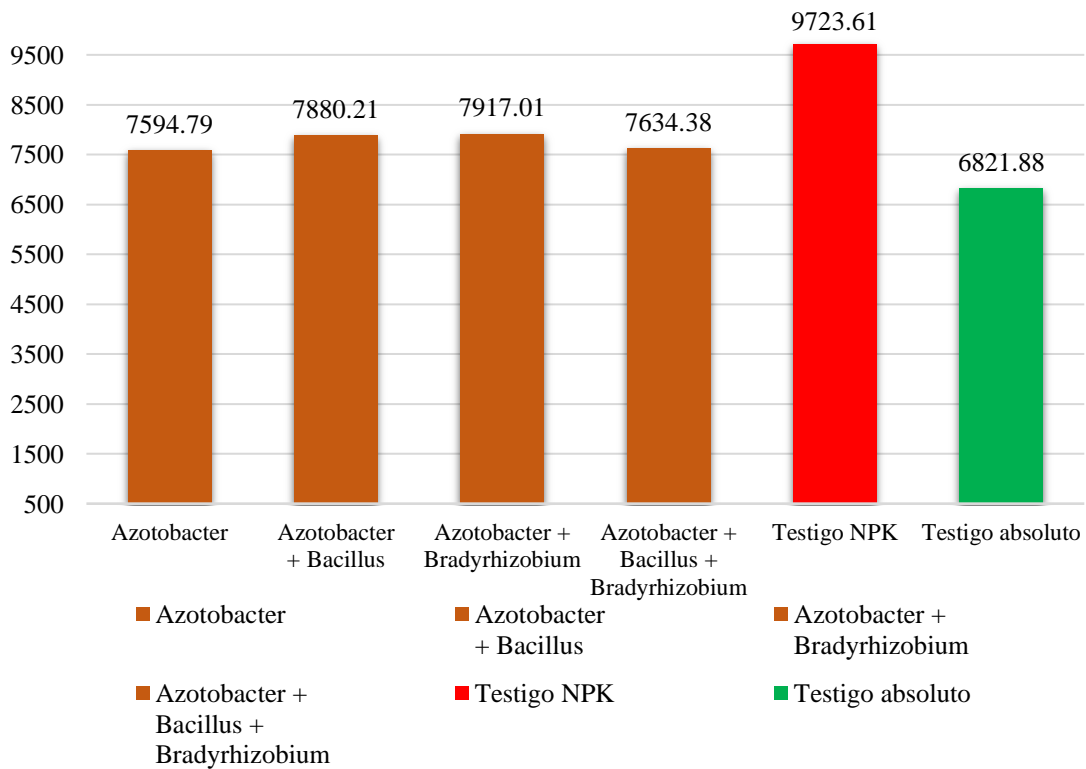


Fig. 2. Rendimiento de mazorca por hectárea (estimado)

3.14 Análisis económico

En la Tabla 33, se observa que los tratamientos co inoculados, con clave 3 (*Azotobacter sp.* + *Bradyrhizobium sp.*) y 2 (*Azotobacter sp.* + *Bacillus sp.*), presentaron el mayor beneficio/costo, con una mejor tasa de retorno de 1.39 y 1.38 soles por cada sol invertido, respectivamente, en la aplicación de los tratamientos al cultivo de maíz morado en estudio; mientras que la menor tasa de retorno fue para el testigo absoluto 6 (sin fertilización – sin inoculación), con 1.13 soles de retorno por cada sol invertido.

TABLA 33

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO EN EL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS EN MAÍZ MORADO CV. PMV 581, ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA

Clave	Tratamientos	Rendimiento Kg / Ha	Valor bruto S/.	Costo variable S/.	Costo fijo S/.	Costo total C.V. + C.F.	Ingreso neto V.B. – C.T.	Relación beneficio - costo
1	<i>Azotobacter sp.</i>	7594.79	15189.58	200.00	6393.16	6593.16	8596.42	1.30
2	<i>Azotobacter sp.</i> + <i>Bacillus sp.</i>	7880.21	15760.42	220.00	6393.16	6613.16	9147.26	1.38
3	<i>Azotobacter sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i>	7917.01	15834.02	220.00	6393.16	6613.16	9220.86	1.39
4	<i>Azotobacter sp.</i> + <i>Bacillus sp.</i> + <i>Bradyrhizobium sp.</i>	7634.38	15268.76	240.00	6393.16	6633.16	8635.6	1.30
5	T 150 - 120 - 100 NPK	9723.61	19447.22	1975.15	6393.16	8368.31	11078.91	1.32
6	T Sin fertilización + sin inoculación	6821.88	13643.76	---	6393.16	6393.16	7250.6	1.13

Detalles

Jornal: S/. 45.00	<i>Azotobacter</i> : S/. 200.00
Costo de producción: S/. 6,393.16	<i>Bradyrhizobium</i> : S/. 20.00
Precio de venta: S/. 2.00/Kg	<i>Bacillus</i> : S/. 20.00

IV. DISCUSIÓN

Las condiciones edafoclimáticas de la zona baja del valle de Ica, en las cuales se desarrolló el cultivo de maíz morado, fueron favorables para lograr una cosecha bastante aceptable, siendo un cultivar que por vez primera se instaló en dicha zona ubicada en el distrito de Santiago, provincia y departamento de Ica; además de que también por primera vez se aplicaron productos biotecnológicos a base de rizobacterias, generando interesante expectativa.

4.1 Características del suelo del campo experimental

Tal y como se aprecia en la Tabla 1, se trata de un suelo con textura Franca, correspondiente a una textura equilibrada que reúne proporciones óptimas de arena, limo y arcilla, con un buen nivel de fertilidad y condiciones adecuadas de permeabilidad y drenaje.

Respecto a las características químicas del suelo del campo experimental, conforme a lo mostrado en la Tabla 2, el suelo presenta un bajo porcentaje de materia orgánica.; además de un contenido de Fósforo bajo y medio en potasio disponible. En cuanto a la capacidad de intercambio catiónica, esta es media, teniendo un alto contenido de calcio; mientras que, el magnesio, potasio y sodio se presentan en niveles bajos. El porcentaje de carbonato de calcio presentado está dentro de los niveles normales y el pH es alcalino con un nivel normal de conductividad eléctrica. Estos resultados presentados son de importancia en este trabajo porque está estrechamente relacionado con el tema nutricional del cultivo.

Las condiciones descritas, indican que es posible mejorar determinadas características del suelo, mediante el aporte de nutrientes de manera oportuna; y la presente investigación, se propuso mejorar la capacidad de absorción de nutrientes con el uso de rizobacterias, con resultados bastante satisfactorios.

4.2 Condiciones meteorológicas

Otro factor importante a considerar dentro de la conducción de este trabajo, fue el aspecto meteorológico de la zona, tal y como se muestra en la Tabla 3. Junio, el mes donde se realizó la siembra, tuvo una temperatura media de 17.3 °C alcanzando un máximo de 25.9 °C y un mínimo de 8.8 °C. En los meses siguientes de Julio, agosto y parte de septiembre hubo un aumento progresivo hasta los 18.2 C°, temperaturas que corresponden al invierno y que con la llegada del verano aumentaron hasta alcanzar una media de 19.5 °C coincidiendo y favoreciendo la etapa de crecimiento y maduración de la mazorca hasta llegar a su cosecha. Continuando con las horas de sol, estas en promedio fueron suficientes para una buena actividad fotosintética del cultivo, dándose un aumento desde junio con 6.7 hasta agosto con 8.1 horas coincidiendo este periodo con la fase vegetativa del cultivo. En septiembre se apreció un descenso en la cantidad de horas de sol en promedio, quedando con 7.3, momento en que el cultivo estaba en floración. Finalmente, en octubre y noviembre, meses donde las

mazorcas estaban en crecimiento y maduración, ya se tenía mayor cantidad de horas de sol promedio, llegando a alcanzar las 8.7 horas. La humedad relativa en los meses en que el cultivo estuvo en su etapa vegetativa, estuvo alrededor del 84%, disminuyendo hasta el momento de cosecha, donde presentó 81.8%, lo que favoreció las condiciones de secado de grano.

4.3 Porcentaje de emergencia.

En la Tabla 8 de la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se confirma que no hay diferencias significativas entre los tratamientos para el porcentaje de emergencia; con una variación general de 95.31% para el tratamiento 1 (*Azotobacter* sp.), hasta 91.15% para el tratamiento con clave 3 (*Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) con 91.15% de emergencia.

La semilla utilizada fue de la misma variedad y procedencia, obteniéndose un buen porcentaje de emergencia, lo que hizo que no fuera necesario resembrar, sin diferencias estadísticamente significativas, por lo que no se evidencia influencia resaltante de algún tratamiento sobre esta característica.

4.4 Longitud de la parte aérea.

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se observa que tres tratamientos se ubicaron en el primer lugar, desde la clave 1 (*Azotobacter* sp.) con 145.31 cm, 3 (*Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) con 137.94 cm, hasta el testigo 5 (150 - 120 - 100 NPK) con 137.38 cm de longitud de la parte aérea y, en el segundo lugar se ubicaron desde el testigo 6 (Sin inoculación + Sin fertilización) con 128.63 cm, 4 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) con 128.06 cm y 2 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp.) y 111.81 cm de longitud de la parte aérea (Tabla 10).

Los resultados de esta variable, de muestras tomadas a los 74 días después de la siembra, señalan que, habiéndose ejecutado la inoculación y reinoculación correspondientes, los resultados no fueron tan determinantes; sin embargo, destacan claramente el tratamiento inoculado con *Azotobacter* sp., el co inoculado con *Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp. y el testigo fertilizado, lo cual, demuestra que las rizobacterias pueden influir en esta variable de manera similar que el fertilizante sintético. Estos resultados son diferentes a los obtenidos por Sanchez-Yañez et. al. [25] al evaluar la respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la inoculación con *Azotobacter* sp. y *Burkholderia* sp. a dosis reducida (50%) de fertilizante nitrogenado; obteniendo que el tratamiento con co-inoculación siempre se mantuvo en primer lugar, junto con *Burkholderia* sp. presentando superioridad estadísticamente significativa con respecto al testigo.

4.5 Longitud de la parte radicular.

En la Tabla 12 de la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se observa que en el primer lugar se ubicaron los tratamientos con clave 5 (T 150 - 120 - 100 NPK), 4 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 1 (*Azotobacter* sp.), 6 (T Sin inoculación + Sin fertilización) y 3 (*Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) con 33.44, 30.75, 29.63, 27.88 y 27.25 cm de longitud de raíz, respectivamente; mientras que, en segundo lugar se situó el tratamiento con clave 2 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp.) que tuvo 26.06 cm de longitud de la parte radicular.

Extrayendo las mismas plantas tomadas para determinar la longitud de la parte aérea, se realizó las mediciones a la parte radicular donde se tuvo que, a los 74 días después de la siembra, y se observa que todos los tratamientos encabezados por el testigo fertilizado y el coinoculado con las tres cepas de rizobacterias, superaron en promedio al tratamiento co inoculado con *Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. que mostró la menor longitud radicular; aunque diferente a lo que encontraron Ancasi y Camacho [32], tras evaluar el efecto de la aplicación dinámica de productos biotecnológicos microbianos en el rendimiento del maíz híbrido DEKALB 399, donde a los 30 y 50 días destacó el efecto de la aplicación de Bacipluz + Pseudomin (*Bacillus* y *Pseudomonas*) incluso sobre el testigo fertilizado.

4.6 Peso seco de la parte aérea.

En la Tabla 14 de la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se confirma la similitud de esta variable, aunque el tratamiento 1 (*Azotobacter* sp.) obtuvo el mayor promedio con 47.09 g, seguido de los tratamientos 4 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 5 (T 150 - 120 - 100 NPK), 3 (*Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 6 (T Sin inoculación - Sin fertilización) y 2 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp.) con 39.54; 39.37; 37.57; 35.21 y 35.07 gramos de peso seco de la biomasa aérea por planta, en promedio, respectivamente; sin diferencia estadística entre ellos.

Tras el secado en estufa de las mismas plantas que se usaron para medir longitud, se determinó el peso seco de la biomasa aérea; con lo cual se puede observar que la cepa de *Azotobacter* sp., inoculada sola o coinoculada con *Bacillus* sp. y *Bradyrhizobium*, tuvo una mejor respuesta en su promedio, que cuando se inoculo combinada solamente con la cepa de *Bacillus* sp., inclusive el tratamiento fertilizado se encuentra en el grupo homogéneo que obtuvo mayor promedio de peso de la biomasa aérea, al incrementar su materia seca.

Los resultados obtenidos, son diferentes a los que reportan Sanchez-Yáñez et. al. [25], en su investigación, donde el tratamiento de *Azotobacter* y *Burkholderia* coinoculados fue significativamente superior incluso al tratamiento con 100% de fertilizante nitrogenado.

4.7 Peso seco de la biomasa radicular

Del mismo modo que con la determinación del peso de la biomasa aérea, se determinó el peso seco radicular de las muestras extraídas y secadas, encontrando que efectuada la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 16), se ratifica la similitud de los promedios, siendo el orden decreciente de los resultados obtenidos, desde el tratamiento de clave 5 (T 150 - 120 - 100 NPK), 1 (*Azotobacter* sp.), 6 (T Sin inoculación + Sin fertilización), 3 (*Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 4 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) y 2 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp.), con 3.78; 3.36; 3.28; 3.25; 3.14 y 2.92 gramos de biomasa radicular respectivamente; notándose que el mayor promedio fue para el testigo fertilizado con NPK, aunque sin diferencia significativa.

Estos resultados difieren de lo que reportan Sanchez-Yáñez *et. al.* [25], donde el tratamiento de *Azotobacter* y *Burkholderia* coinoculados fue significativamente superior incluso al tratamiento con 100% de fertilizante nitrogenado.

4.8 Días al inicio de floración masculina.

En la Tabla 18, se muestra la Prueba de Rango Múltiple de Duncan en que se indica que en el primer lugar se ubicaron cinco tratamientos desde la clave 6 (T Sin inoculación - Sin fertilización), 1 (*Azotobacter* sp.), 3 (*Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 4 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) y 2 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp.) con 89.50, 87.75, 86.50, 86.50 y 86.25 días al inicio de la floración masculina y en el segundo lugar se ubicó el testigo fertilizado de clave 5 (T 150 - 120 - 100 NPK) con 84.50 días al inicio de la floración masculina.

Las inflorescencias masculinas, también conocidas como panojas, surgen de la parte terminal de la planta en forma de panícula, que está compuesta por una espiguilla central y varios pares de espiguillas laterales; y son las primeras inflorescencias que se presentan días antes que las femeninas. Esta característica, describe el comportamiento de un cultivar de maíz morado, frente a las condiciones ambientales en que se desarrolla.

Comparando los resultados del presente estudio, con los de Pinedo [13], quien, evaluando la misma variedad en la zona de Ayacucho, con buenas condiciones de riego y fertilización química (NPK), señala que la floración masculina se presentó a los 90.31 días en promedio. Por otro lado, Justiniano [12], señala que, en La Molina-Lima, la floración masculina de esta misma variedad se presentó a los 96 días con la última ramificación de la inflorescencia completamente visible. De lo que se desprende que la variedad PMV 581, inicia su floración masculina entre los 85 y 95 días aproximadamente, dependiendo de las condiciones climáticas de la zona donde se desarrolle.

4.9 Días al inicio de floración femenina.

En la Tabla 20, de la Prueba de Rango Múltiple de Duncan se observa que en el primer lugar se ubicaron cinco tratamientos, siendo las claves 6 (T Sin inoculación + Sin fertilización), 1 (*Azotobacter* sp.), 3 (*Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 2 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp.), 4 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) con 100.75, 99.25, 98.50, 98.25, y 98.25 días al inicio de la floración femenina, y en el segundo lugar se ubicó el tratamiento 5 (T 150 - 120 - 100 NPK) con 96.0 días al inicio de la floración femenina; con una variación general de escasamente cuatro días.

Las flores femeninas están formadas por el conjunto de pelos largos llamados pistilo, que es el órgano por donde entran los granos de polen para fecundarla. Las flores femeninas llamadas mazorcas, se presentan en la parte central del tallo de la planta, en espera de los granos de polen para formar los granos de la mazorca.

Estos resultados son similares a los reportados por Pinedo [13], quien, señala que, en Ayacucho, la variedad PMV – 581 inició la floración femenina a los 98.06 días en promedio. Por su parte, Justiniano [12], menciona que, en La Molina - Lima, la floración femenina se presentó a los 102 días con los pistilos visibles fuera de la mazorca bajo condiciones de riego adecuado y óptima fertilización química; por lo que estos resultados difieren de los reportados en el presente estudio.

4.10 Días a la madurez fisiológica.

En la Tabla 22, de la Prueba de Rango Múltiple de Duncan se ratifican los resultados del análisis de varianza, presentando los promedios en el siguiente orden: tratamiento de clave 6 (T Sin inoculación - Sin fertilización), 1 (*Azotobacter* sp.), 4 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 3 (*Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 2 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp.) y 5 (T 150 - 120 - 100 NPK), con 153, 152, 151.50, 151.25, 150.75 y 150 días a la madurez fisiológica, respectivamente.

Como señala Estrada-Urbina et al. [37], la madurez fisiológica es la acumulación del máximo contenido de materia seca, en el que inciden la línea de leche y la capa negra en la semilla de maíz, como factores morfológicos del grado de maduración; la línea de leche se relaciona con la solidificación del almidón, y la capa negra con el cese de la translocación de sustancias solubles de la planta hacia el grano.

En lo mencionado por Justiniano [12], el estado fenológico R6, corresponde a la madurez fisiológica del grano, y es alcanzado cuando todos los granos de la mazorca han alcanzado su máximo peso seco o máxima acumulación de materia seca. La capa dura del almidón ha avanzado completamente en la mazorca y ha formado la capa de abscisión negra o marrón.

También es una buena indicación de máximo peso seco (madurez fisiológica), y señales del fin de crecimiento del grano para esta época.

La madurez fisiológica se identifica cuando los granos presentan una consistencia dura con su cascara completamente morada y la capa de abscisión del grano oscura en la parte basal, y, en el presente estudio esta etapa fenológica se presentó entre los 150 y 153 días después de la siembra.

4.11 Altura de planta a la cosecha

En la Tabla 24 de la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se aprecia que en primer lugar se ubicó solamente el tratamiento testigo fertilizado con clave 5 (T 150 - 120 - 100 NPK), con 2.66 m de altura; quedando en segundo lugar todos los demás tratamientos, desde 1 (*Azotobacter* sp.), 3 (*Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 2 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp.), 4 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), y 6 (T Sin inoculación - Sin fertilización) con 2.46, 2.45, 2.43, 2.43 y 2.31 m de altura, respectivamente.

En la medición realizada a los 160 días de edad de las plantas, se tiene que son superiores a los que obtuvo Pinedo [13] en Ayacucho, quien bajo condiciones de fertilización química obtuvo que esta variedad alcanzó una altura promedio de 2.06 metros; mientras que, Cabrera [11] en La Molina – Lima, señala que obtuvo alturas promedio desde 2.45 hasta 2.85 metros para esta misma variedad. Por otro lado, Cárdenas y Montero [34] utilizando cepas solas y combinadas de *Bacillus* sp, con dosis medias de fertilizante NPK, en la variedad PMV 581, alcanzó altura de plantas de 2.98 y 3.0 metros, como los mayores valores, superando significativamente al testigo absoluto que obtuvo 2.53 m de altura.

4.12 Peso de mazorca

En la Tabla 26 de la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se observa que el tratamiento testigo fertilizado de clave 5 (T 150 - 120 - 100 NPK), se ubicó en el primer lugar con 110.23 g/mazorca; en segundo lugar, se ubicaron las claves 2 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp.), 3 (*Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 1 (*Azotobacter* sp.), y 4 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) con 93.85, 93.63, 90.45 y 89.93 g/mazorca, respectivamente. Finalmente, en tercer lugar, se encuentra el tratamiento 6 (T Sin inoculación - Sin fertilización) con 83.68 gramos de peso de mazorca.

El testigo fertilizado con dosis media de NPK, logró el mayor peso promedio por mazorca, al proveer una mejor nutrición a la plata y a la mazorca; sin embargo, los tratamientos inoculados y co inoculados con las rizobacterias, también tuvieron un efecto positivo en el peso de la mazorca, superando significativamente al testigo absoluto.

Estos resultados muestran el efecto positivo que produce la cepa de *Azotobacter* sp. en la provisión de Nitrógeno a la planta y el *Bacillus* sp., en lograr una mejor asimilación del fósforo al hacerlo más disponible para la planta y mazorca de maíz morado, notándose que el *Bradyrhizobium* sp. tuvo un importante efecto promotor del crecimiento vegetal que facilitó la asimilación de los nutrientes disponibles.

Estos resultados, difieren a los obtenidos por Paredes [29], donde el tratamiento inoculado con *Bacillus* sp. destacó sobre el tratamiento con fertilización química. Cárdenas y Montero [34], en su investigación en la misma variedad, en la zona emdía del valle de Ica, obtuvieron similar tendencia que el presente estudio, ya que con el testigo fertilizado con NPK y los tratamientos combinados con fertilización NPK y las cepas de rizobacterias a base de *Bacillus* sp., destacaron con 113 y 115 g por mazorca; lo que hace presumir que el maíz toma el Nitrógeno del fertilizante sintético aplicado, y el fósforo es más asimilable por la acción de las cepas de *Bacillus* sp., con lo cual, se logró una mejor combinación nutricional para el maíz morado.

4.13 Peso de 100 granos.

En la Tabla 28 de la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se muestra que el testigo fertilizado 5 (T 150 - 120 - 100 NPK) ocupó el primer lugar con 41.29 gramos en 100 granos; mientras que, los tratamientos 2 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp.), 4 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 1 (*Azotobacter* sp.), 3 (*Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) y 6 (T Sin inoculación - Sin fertilización), ocuparon el segundo lugar con 37.08, 36.50, 36.46, 36.25 y 33.67 gramos en 100 granos, respectivamente.

El peso de granos, es un indicador del tamaño del grano alcanzado por efecto varietal y por efecto de los tratamientos aplicados; siendo una variable que responde bien a los ambientes favorables; es decir, a la nutrición, a los riegos, a un buen manejo fitosanitario; y en este caso a la aplicación de los tratamientos.

Este resultado difiere del reportado por Barrientos y Gonzales [31], quienes destacan que con la coinoculación con *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp. y *Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. logró mayor peso de 100 granos, superando al testigo fertilizado con NPK. Por su parte, Cárdenas y Montero [34], refieren que el peso de 100 granos alcanzó los 38 gramos cuando se co inoculó con ambas cepas de *Bacillus* sp. junto con ambas dosis de fertilización NK, dosis media y dosis baja; mientras que los dos tratamientos sin inoculación con rizobacterias, pero fertilizados con NK, obtuvieron 35 gramos en 100 granos y el testigo absoluto alcanzó 34 gramos en 100 granos. Lo que muestra el efecto positivo que ejercen los inoculantes en el peso de grano del maíz morado.

4.14 Rendimiento de mazorca por planta

En la Tabla 30 de la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, se observa que en el primer lugar se ubicó el testigo fertilizado 5 (T 150 - 120 - 100 NPK) con 119.65 gramos de rendimiento de mazorca por planta; seguido de los tratamientos 2 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp.), 3 (*Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 4 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) y 1 (*Azotobacter* sp.) en el segundo lugar con 97.95, 97.15, 94.03 y 92.93 gramos de mazorca por planta, respectivamente; mientras que, en el tercer lugar, se ubicó el tratamiento 6 (T Sin inoculación - Sin fertilización) con 83.30 gramos de mazorca por planta.

El peso de mazorca por planta, se obtuvo de sumar el peso de las mazorcas de diez plantas de los surcos centrales de cada parcela y expresarlo en promedio; de modo que como algunas plantas tenían dos mazorcas, entonces en diez plantas se obtuvo 12, 13 hasta 15 mazorcas en algunas parcelas. Esta variable está relacionada con el tamaño de la mazorca, número de hileras de la mazorca, tamaño del grano, peso del grano, que vienen a ser caracteres que identifican la variedad de maíz morado en estudio; sin embargo, por efecto de los tratamientos aplicados, se ha incrementado el peso promedio de la mazorca, con valores muy cercanos al obtenido con el testigo fertilizado con dosis media de NPK; superando significativamente al testigo absoluto.

Cabe señalar que, no es compatible comparar el peso de mazorca por planta que se obtuvo en el presente estudio, con el peso promedio de una mazorca que se ha evaluado en la mayoría de trabajos de investigación; siendo valores cercanos, pero no iguales.

4.15 Rendimiento de mazorca por parcela y estimado por hectárea

En la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 32), se observa que en primer lugar se ubicó el testigo fertilizado 5 (T 150 - 120 - 100 NPK), con 7.00 kg/parcela, equivalente a 9,723.61 kg/ha; en el segundo lugar se ubicaron los tratamientos 3 (*Azotobacter* sp. + *Bradyrhizobium* sp.), 2 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp.), 4 (*Azotobacter* sp. + *Bacillus* sp. + *Bradyrhizobium* sp.) y 1 (*Azotobacter* sp.), con 5.70, 5.67, 5.50 y 5.47 kg/parcela respectivamente; equivalentes a 7917.01; 7,880.21; 7,634.38 y 7,594.79 kg/ha, respectivamente; y, en tercer lugar, se ubicó el testigo absoluto de clave 6 (T Sin inoculación - Sin fertilización) con 4.91 kg/parcela, equivalente a 6,821.88 kg/ha.

Las mazorcas de todas las plantas que quedaron en los surcos centrales de cada parcela, se pesaron para obtener el peso de mazorcas de dichas plantas, al que se sumó el peso de las mazorcas de las diez plantas muestreadas, obteniendo el peso de mazorcas por parcela; dicho peso se transformó a kilogramos por hectárea para tener el rendimiento estimado por unidad de superficie. Estos resultados tienen similitud con los obtenidos por Almeyda y Vilca [33] en Ica, donde el testigo fertilizado con NPK en maíz amarillo, logró el mayor promedio con

11,348 kg/ha; mientras que el tratamiento combinado de *Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium yuanmigense* se ubicó en el segundo lugar con 7,890 kg/ha. Por otro lado, otros autores señalan escenarios en donde la inoculación de rizobacterias dio mejores rendimientos que la fertilización química, como Barrientos y Gonzales [31] que obtuvieron el mayor rendimiento en maíz amarillo con la aplicación de *Bacillus sp.* + *Bradyrhizobium sp.* con 12,278.89 kg/ha sin diferencia significativa con *Azotobacter sp.* + *Bacillus sp.* Superando ambos al testigo fertilizado con NPK. Situación similar se presenta con Ancasi y Camacho [32], donde los productos biotecnológicos utilizados superaron en el rendimiento al testigo fertilizado (NPK). De manera similar, el resultado obtenido es similar a lo mencionado por Cabrera [11] bajo condiciones de fertilización química en La Molina – Lima, quien obtuvo como rendimientos 7,065.1; 7,942.2 y 9,459 kg/ha con tres láminas de riego distintas. Cárdenas y Montero [34], en la zona media del valle de Ica, con la misma variedad de maíz morado obtuvieron rendimientos ligeramente inferiores a los del presente estudio; destacando que los primeros lugares fueron obtenidos cuando se co inocularon las cepas B13 y B511 de *Bacillus sp.* con dosis baja y media de fertilizante NK, con rendimientos de mazorca de 7.97 y 7.80 kg/parcela, equivalentes a 8,302.08 y 8,125.0 kg/ha de mazorcas, respectivamente, superando significativamente a los testigos fertilizados con NPK y al testigo absoluto.

Como señala Sánchez-Yáñez [25], la respuesta positiva del maíz a la inoculación con los géneros *Azotobacter sp.* y *Burkholderia sp.* de BPCV, se debió a la acción que tienen para sintetizar sustancias promotoras del crecimiento vegetal de tipo complementario, lo que mejora la capacidad de absorción radicular del maíz por el fertilizante nitrogenado (FN), en especial por *Burkholderia sp.* que coloniza el interior de la raíz y de esa forma asegura la optimización del FN con dosis reducida al 50%.

4.16 Análisis económico

El análisis económico que se presenta en la Tabla 35, muestra una interesante comparación entre todos los tratamientos evaluados en el presente estudio; donde se aprecia claramente que los tratamientos co inoculados de clave 3 (*Azotobacter sp.*+ *Bradyrhizobium sp.*) y 2 (*Azotobacter sp.*+ *Bacillus sp.*) obtuvieron la mayor tasa de retorno con 1.39 y 1.38 soles por cada sol invertido; siendo mejor alternativa que los tratamientos fertilizados con NPK y el testigo absoluto, que alcanzaron menor tasa de retorno, lo que brinda mayor soporte a la posibilidad del uso de rizobacterias como alternativa viable frente a la fertilización química convencional.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación bajo las condiciones ya presentadas y en relación a los objetivos previamente establecidos; se concluye lo siguiente:

- Las condiciones edafoclimáticas de la zona no fueron limitantes para la ejecución de la investigación, siendo posible aprovecharlas para que este cultivo se desarrolle favorablemente y los agricultores dispongan de más opciones rentables.
- La inoculación con rizobacterias tuvo un efecto positivo sobre el rendimiento del maíz morado PMV-581 en la zona baja del valle de Ica, alcanzando rendimientos que, aunque no superaron al testigo fertilizado, se encuentran dentro de lo adecuado para la zona.
- En la fase vegetativa, los tratamientos a base de rizobacterias presentaron resultados estadísticamente similares al tratamiento fertilizado químicamente (NPK), en las variables longitud de la parte aérea, peso seco de la parte aérea y peso seco radicular, demostrando su efectividad en la fijación de nitrógeno y en la solubilización del fosforo.
- Los cuatro tratamientos que consistieron en la inoculación y co inoculación con rizobacterias, tuvieron un efecto positivo en el rendimiento, peso de granos y peso de mazorca; siendo una alternativa válida para la nutrición del cultivo sin la obligación de fertilización sintética.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados y lo concluido, se recomienda:

- Repetir el presente trabajo de investigación al menos otras dos veces con la misma variedad de maíz morado en ambientes distintos, con el fin de validar los resultados obtenidos en condiciones de la zona baja del valle de Ica.
- Realizar investigaciones que incluyan la inoculación o co inoculación con cepas seleccionadas de rizobacterias utilizadas en el presente estudio, con dosis reducida de fertilizante sintético, a fin de comparar si pueden ser complementarios y rentables.
- Considerar realizar análisis del contenido de antocianinas en la mazorca de maíz morado, en la variedad estudiada para determinar el efecto de las aplicaciones de los inoculantes con rizobacterias en esta variable.
- Difundir los resultados con los agricultores de la zona en la que se ejecutó la investigación, de modo que puedan considerar que el maíz morado es un cultivo rentable y sostenible utilizando innovaciones biotecnológicas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sierra y selva exportadora. “Análisis de mercado – Maíz morado 2015 – 2021”, Ministerio de desarrollo agrario y riego, Perú, Agro, 2021.
- [2] J. Guillén-Sánchez, S. Mori-Arismendi y L. Paucar-Menacho. Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigrovioláceo. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 211-217. 2014. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.04.05>
- [3] M. Alcarraz y J. Soto. “Bacterias solubilizadoras de fósforo inorgánico aislados de la rizósfera de *Coffea americana* en Rioja – Perú”, Ciencia e investigación, Vol. 25, no. 1, pp. 11 – 15, agosto 2022.
- [4] O. Fosado, E. Héctor, V. Jarre, F. Medranda, J. Montoya, S. Peñarrieta, J. Solórzano y A. Torres. “Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador”, Cultivos tropicales, Vol. 41, no. 4, octubre 2020.
- [5] J. Perez y D. Sanchez. “Caracterización y efecto de *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Pseudomonas* asociadas a *Ipomoea batatas* del Caribe Colombiano”, Revista Colombiana de Biotecnología, Vol. 19, no. 2, pp. 35-46, diciembre 2017.
- [6] A. Flores G., V. Gonzáles, C. Aguilar y R. Rodríguez. Editores. En: *Biofertilizantes microbianos*. Primera edición. Capítulo 5. Editorial: Plaza y Valdés. 2014.
- [7] V. Otiniano. 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 para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Cesar Vallejo. 74 p. 2012.
- [8] A. Medina y M. Rabanal. “Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes”, Terra Latinoamericana, Vol. 39, pp. 1-12, enero 2021.
- [9] Y. Salinas, C. García, B. Coutiño, y V. Vidal. Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 285 -294. 2013.
- [10] A. Trujillo. “Incidencia de insectos en el cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) bajo condiciones de la molina”, Tesis de pregrado, Fac. Agronomía, Univ. Nacional Agraria La Molina, Lima, 2020.
- [11] C. Cabrera. “Tres láminas de riego en el rendimiento de cuatro variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo”, Tesis de pregrado, Facultad de Agronomía, Univ. Nacional Agraria La Molina, Lima, 2016.

- [12] E. Justiniano A. “*Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (Zea mays L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de la molina*”, Tesis de postgrado, Escuela de postgrado especialidad de producción agrícola, Univ. Nacional Agraria La Molina, Lima, 2010.
- [13] R. Pinedo T., G. Rodríguez S. y N. Valverde R. Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mays L.*) en la localidad de Canaán-Ayacucho. Aporte Santiaguino. 10 (1), 2017: 39-50. 2017.
- [14] INFOAGRO. *Azotobacter* y su aplicación en la agricultura. Disponible en: https://www.infoagro.com/documentos/_azotobacter__y_su_aplicacion_agricultura.asp
- [15] I. Granda, R. González. Aislamiento y caracterización de bacterias diazotróficas del género *Azotobacter*, y su efecto sobre el crecimiento y desarrollo en maíz, variedad INIAP 182, en la Estación Experimental La Argelia. (Tesis). Universidad Nacional de Loja. 2015. Recuperado de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/12274>
- [16] B. Hoffman, D. Lukoyanov, Z. Yang, D. Dean, D. & L. Seefeldt. Mechanism of nitrogen fixation by nitrogenase: the next stage. *Chemical reviews*, 114(8), 4041-4062. 2014. Recuperado de <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/cr400641x>
- [17] J. Covelli. “*Biofertilización con Bradyrhizobium japonicum para la agricultura sustentable: Aspectos ecofisiológicos del problema de la competición para la nodulación*”, Tesis doctoral, Fac. de las Ciencias exactas, Univ. Nacional de La Plata, 2013.
- [18] L. Caycedo, L. Corrales, M. Gómez, S. Ramos y J. Rodríguez. “*Bacillus spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos*”, Nova, Vol. 15, no. 27, junio 2017.
- [19] Corrales L. C., Sánchez L. C., Arévalo Z. y., Moreno V. E., *Bacillus*: género bacteriano que demuestra ser un importante solubilizador de fosfato. NOVA. 2014; 12(21): 165–178.
- [20] D. Vanlnsberghe, K. Maas, E. Cardenas. Nonsymbiotic *Bradyrhizobium* ecotypes dominate North American forest soils. *The Isme Journal* 9: 24352441. 2015.
- [21] F. Requis V. Manejo agronómico del maíz morado en los valles interandinos del Perú. Ministerio de Agricultura – Instituto Nacional de Innovación Agraria. Serie Folleto N° 1 - 12 Lima - Perú Setiembre, 2012.
- [22] P. Cano, V. García, A. Moreno, J. Reyes y J. Vásquez. “*Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: Una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable*”, Revista colombiana de biotecnología, Vol. 20, no. 1, junio 2018.

- [23] R. Bonilla, M. Camelo y S. Vera. “*Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal*”, Corpoica. Ciencia y tecnología agropecuaria, Vol. 12, no. 2, pp. 159 – 166, julio 2011.
- [24] Y. Pérez. “Impacto de la biofertilización y aplicación de abonos orgánicos en la productividad de maíz (*Zea mays* L.) en Chiapas”, Tesis doctoral, Dep. de ciencias, ecología y desarrollo Sustentable, Col. De la Frontera del Sur, San Cristobal de las Casas, Chiapas, México, 2012.
- [25] J. M. Sanchez. “*Respuesta del maíz (Zea mays L.) a la inoculación con Azotobacter sp y Burkholderia sp a dosis reducida de fertilizante nitrogenado*”, Scientia Agropecuaria, Vol. 5, no. 1, pp. 17 – 23, marzo 2014.
- [26] S. Morais. “*Inoculation of tropical strains of bacillus improves corn root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield*”, Springerlink, Vol. 40, no. 11, pp. 867 – 877, abril 2021.
- [27] Y. Huete A., J. Torres D. y D. Domínguez P. Comportamiento morfológico del Maíz inoculado con *Azotobacter chroococcum* a dosis reducida de fertilizante nitrogenado. Avances, vol. 21, núm. 2. 2019.
- [28] L. León y L. Rojas. “*Determinación del potencial promotor del crecimiento vegetal de Azotobacter spp. aislados de la rizósfera de malezas en cultivos de maíz (Zea mays L.)*”, Scientia Agropecuaria, Vol. 6, no. 4, pp. 247 – 257, octubre 2015.
- [29] S. Paredes. “*Efecto de la aplicación de Bacillus y Streptomyces spp. nativas en el desarrollo vegetativo y rendimiento de Zea mays L., maíz, amarillo duro en Lambayeque*”, Tesis de pregrado, Fac. Ciencias biológicas, Univ. Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2014.
- [30] R. Pinedo. “*Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (Zea mayz L.) en la localidad de Canaán - Ayacucho*”, Tesis de pregrado, Facultad de Agronomía, Univ. Nacional Agraria La Molina, Lima. 2015.
- [31] F. J. Barrientos y C. F. Gonzales. “*Efectividad de la inoculación con microorganismos promotores del crecimiento (PGPR) en el cultivo de maíz híbrido en la zona baja del valle de Ica*”, Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional San Luis Gonzaga. 2013.
- [32] O. Ancasi y L. Camacho. “*Aplicación dinámica de productos biotecnológicos microbianos y su efecto en el rendimiento del híbrido de maíz (Zea mays L.) DEKALB 399 en el valle medio de Ica*”, Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, 2017.

- [33] A. T. Almeyda y M. A. Vilca. “Efectividad de la inoculación con microorganismos promotores del crecimiento (PGPR) en el cultivo de maíz híbrido DEKALB 399 en la zona media del valle de Ica”. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. 2018.
- [34] R. Cárdenas y J. Montero. Respuesta del maíz morado (*Zea mays* L.) PMV-581, a la inoculación con cepas de *Bacillus* sp. y aplicación de fertilizantes NK, en Subtanjalla – Ica. Tesis. Ing. Agrónomo. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. 2021.
- [35] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. MIDAGRI. Dirección General de Políticas Agrarias. “El maíz morado peruano. Un producto con alto contenido de antocianina, poderoso antioxidante natural”. Perú, Agro, BNP. N° 2021-13541. 2021.
- [36] The economist. *The coming Food catastrophe* (1° ed.) [En línea]. Disponible en: <https://www.economist.com/leaders/2022/05/19/the-coming-food-catastrophe>. 2022.
- [37] J. Estrada-Urbina, E. Cantú-López, J. Molina-Montero, J. Estrada-Gómez. Madurez fisiológica en semillas de maíz (*Zea mays* L.) mediante marcadores morfológicos y el contenido de humedad. *Agron. Mesoam.* 34(3): Artículo 53269, 2023. ISSN 2215-3608 <https://doi.org/10.15517/am.2023.53269>
- [38] B. Cuadrado, G. Rubio y W Santos. “Caracterización de cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (con habilidad de nodulación) seleccionados de los cultivos de frijol caupi (*Vigna unguiculata*) como potenciales bioinóculos”. Disponible en: <https://tecnovitaca.com/azotobacter-biofertilizante/> (2022, diciembre 13).
- [39] D. Pavone. “Azotobacter en la agricultura: una bacteria biofertilizante que protege a las plantas” [En línea]. Disponible en: <https://tecnovitaca.com/azotobacter-biofertilizante/>.

VIII. ANEXOS

8.1 Descripción de las rizobacterias

a) Género *Bacillus*

Caycedo et. al. [18] precisan que es un género secretor de proteínas y metabolitos eficientes para el control de plagas y enfermedades, promueve el crecimiento vegetal a través de la solubilización de fósforo y la producción de reguladores de crecimiento como el ácido indol acético; así mismo participa en la fijación de nitrógeno cuando hace parte de consorcios microbianos. Como biofertilizante es una opción amigable para el suelo y el ambiente que da respuesta a la necesidad de implementar la agricultura sostenible. La interacción del género *Bacillus* con el hábitat terrestre puede ocurrir de forma directa o indirecta. La forma directa, cuando actúa como agente rizosférico, el cual tiene la capacidad de degradar sustratos derivados de la fauna, la flora y los compuestos de origen orgánico como los hidrocarburos; promueve la producción de antibióticos, promoción de crecimiento vegetal y los procesos de fijación de nitrógeno y solubilización de fosfatos y de forma indirecta, cuando actúa en la producción de sustancias antagonistas de patógenos o induciendo mecanismos de resistencia.

b) Género *Bradyrhizobium*

Según Covelli [17] son bacterias Gram negativas, diazotófos, con forma bacilar no esporulantes, aeróbicos y/o microaeróbicos. Se los puede encontrar en vida libre en el suelo o asociados simbióticamente a las raíces de las leguminosas, y dependiendo de ello, su morfología y su metabolismo varían. En vida libre su hábitat es el suelo, pudiendo persistir ya sea en forma independiente o planctónica, o bien formando biopelículas como bacterias sésiles sobre sustratos bióticos o abióticos. En simbiosis con plantas se los encuentra formando parte de estructuras denominadas nódulos, dentro de los cuales el nitrógeno gaseoso se reduce a amonio, estas formas no son móviles, solo son capaces de utilizar malato o succinato como fuente de C y tienen la capacidad de fijar N₂.

Un hecho que también diferencia a las bacterias del Género *Bradyrhizobium* del resto de los diazotrófos, es que cuando están en simbiosis no utilizan el producto de la fijación de N₂ para satisfacer sus propias necesidades de N. Cuadrado et. al. [38] mencionan que este proceso contribuye entre el 60-80% de la fijación biológica de nitrógeno y esta simbiosis aporta una parte considerable del nitrógeno combinado en la tierra permitiendo a las leguminosas crecer sin fertilizantes nitrogenados y sin empobrecer los suelos.

c) Género Azotobacter

Pavone [39] señala que es un grupo de bacterias Gram negativas de vida libre, fijadoras de nitrógeno de forma aeróbica que habitan en el suelo. Entre las especies más utilizadas en la agricultura están *Azotobacter chroococcum* y *Azotobacter vinelandii*. Estas bacterias son conocidas por explotar el nitrógeno atmosférico para la síntesis de proteínas celulares las cuales son mineralizadas en el suelo dándole a los cultivos una considerable parte del nitrógeno disponible. Es sensible a los pH ácidos y altas concentraciones de sal, poseen la tasa metabólica más alta comparada con cualquier otro microorganismo y han generado mucho interés por su modo de metabolismo único por el cual son capaces de fijar nitrógeno aeróbicamente. *Azotobacter* es capaz de convertir el nitrógeno atmosférico en amonio, el cual es tomado y asimilado por las plantas. Estas bacterias son resistentes a la presencia de oxígeno durante la fijación de nitrógeno, debido a mecanismos de protección de la nitrogenasa contra la respiración. La presencia de niveles óptimos de calcio es fundamental para su crecimiento y capacidad de fijar nitrógeno. Por otro lado, altos niveles de nitrógeno afectan negativamente la actividad de *Azotobacter*.

8.2 Análisis de suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : SALINIDAD

Procedencia :
Departamento : ICA
Distrito : PACHACUTEC
Referencia : H.R. 77176-094S-22
Solicitante: RUBI SILVERA VALLE
Provincia: ICA
Predio :
Boleta : 5229

Lab.	Número de Muestra	C.E.	Análisis Mecánico					pH	CaCO ₃	M.O.	P	K	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% de Sat. De Bases
			Arena	Limo	Arcilla	Textura	Ca ²⁺						Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺				
7156		0.38	48	34	18	Fr.	7.95	0.36	0.87	5.9	141	9.60	7.35	1.70	0.38	0.17	0.00	9.60	9.60	100

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. = Arcilloso

No. Muest.	Saturación %	pH	C.E. dS/m	Cationes Solubles (meq/L)					Aniones Solubles (meq/L)					Boro Soluble ppm	Yeso Soluble %	PSI	
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	NO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻				SUMA
7156	33	7.82	0.94	5.65	1.36	0.20	1.90	9.11	0.56	0.00	2.96	2.56	3.00	9.09	0.19	0.00	1.72

La Molina, 12 de Julio del 2022



Constantino Calderón Mendoza
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 Celular: 946-505-254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

METODOS SEGUIDOS EN EL ANALISIS DE SUELOS

- Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla, método del hidrómetro.
- Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
- pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 o en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
- Calcario total (CaCO₃): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
- Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. %M.O. = %Cx1.724.
- Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
- Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO₃=0.05M, pH 8.5
- Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃ - COONH₄)N, pH 7.0
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃ - COONH₄)N; pH 7.0
- Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio (CH₃ - COONH₄)N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.
- Al³⁺ + H⁺: método de Yuan. Extracción con KCl. N
- Iones solubles:
 - Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
 - Cl⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻ solubles: volumetría y colorimetría. SO₄²⁻ turbidimetría con cloruro de Bario.
 - Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
 - Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

Equivalencias:
1 ppm = 1 mg/kilogramo
1 millimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro
1 miliequivalente / 100 g = 1 cmol(+) / kg
Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes
CE (1 : 1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad		Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible	Relaciones Catiónicas			
Clasificación del Suelo	CE(es)	CLASIFICACIÓN	%	ppm P	ppm K	Clasificación	K/Mg	Ca/Mg
*muy ligeramente salino	<2	*bajo	<2.0	<7.0	<100	*Normal	0.2 - 0.3	5 - 9
*ligeramente salino	2 - 4	*medio	2 - 4	7.0 - 14.0	100 - 240	*defc. Mg	>0.5	
*moderadamente salino	4 - 8	*alto	>4.0	>14.0	>240	*defc. K	>0.2	
*fuertemente salino	>8					*defc. Mg		>10

Reacción o pH		CLASES TEXTURALES				Distribución de Cationes %	
Clasificación del Suelo	pH	A = arena	Fr.Ar.A = franco arcillo arenoso	Ca ²⁺	=	60 - 75	
*fuertemente ácido	<5.5	A.Fr = arena franca	Fr.Ar = franco arcilloso	Mg ²⁺	=	15 - 20	
*moderadamente ácido	5.6 - 6.0	Fr.A = franco arenoso	Fr.Ar.L = franco arcilloso limoso	K ⁺	=	3 - 7	
*ligeramente ácido	6.1 - 6.5	Fr. = franco	Ar.A = arcilloso arenoso	Na ⁺	=	<15	
*neutro	6.6 - 7.0	Fr.L. = franco limoso	Ar.L. = arcilloso limoso				
*ligeramente alcalino	7.1 - 7.8	L = limoso	Ar. = arcilloso				
*moderadamente alcalino	7.9 - 8.4						
*fuertemente alcalino	>8.5						

Fig. 3. Resultados de análisis de suelo proporcionado por el laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina

Nota: El campo experimental de la presente investigación estuvo ubicado en la misma parcela de la colega Rubí Silvera Valle, con quien se extrajo la muestra de suelo de manera conjunta.

8.3 Información meteorológica mensual



Fig. 4. Porcentaje de humedad relativa mensual periodo 2022 proporcionado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

8.3 Información meteorológica mensual (continuación)



Fig. 6. Temperatura mínima mensual periodo 2022 proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

8.3 Información meteorológica mensual (continuación)

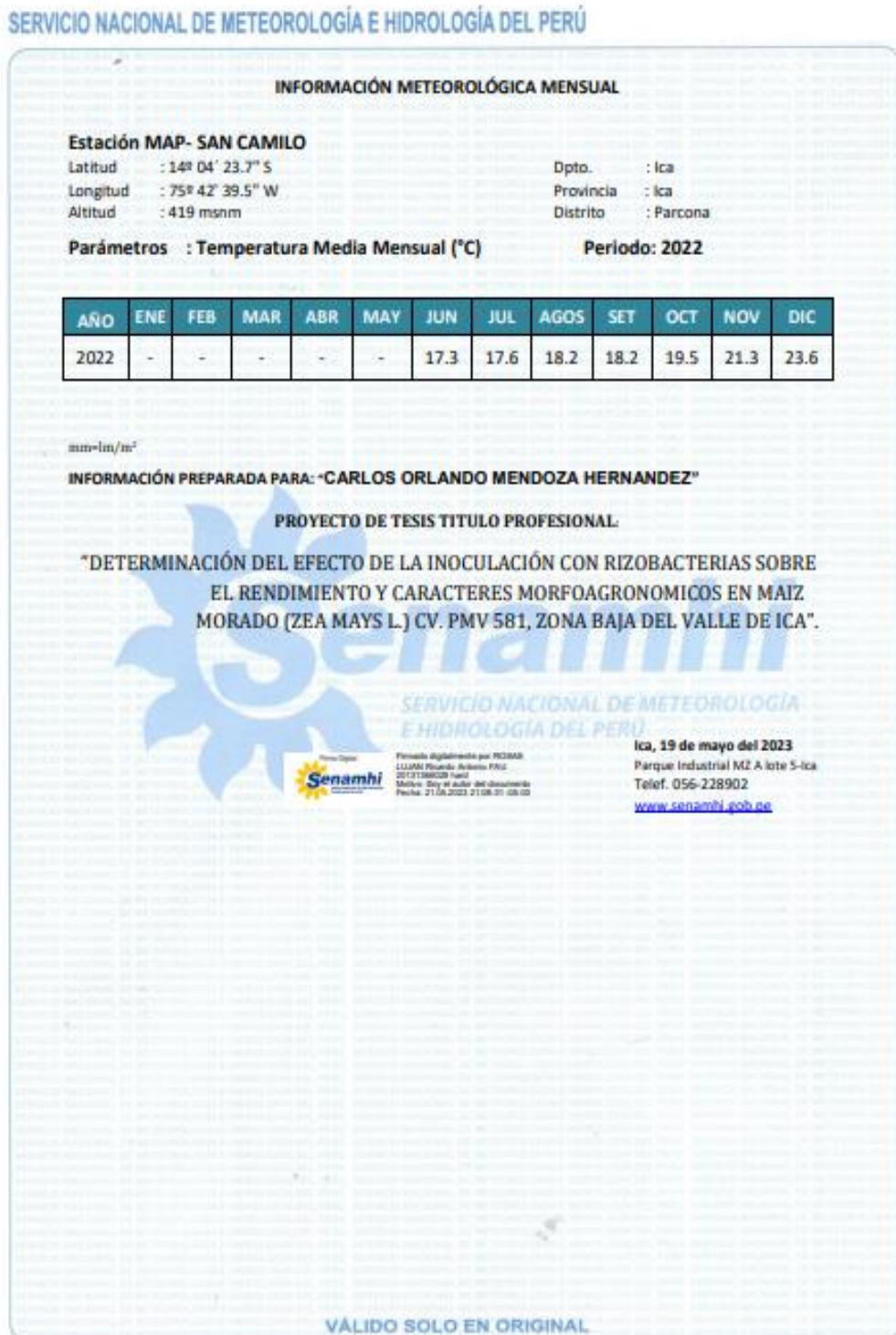


Fig. 7. Temperatura media mensual periodo 2022 proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

8.3 Información meteorológica mensual (continuación)

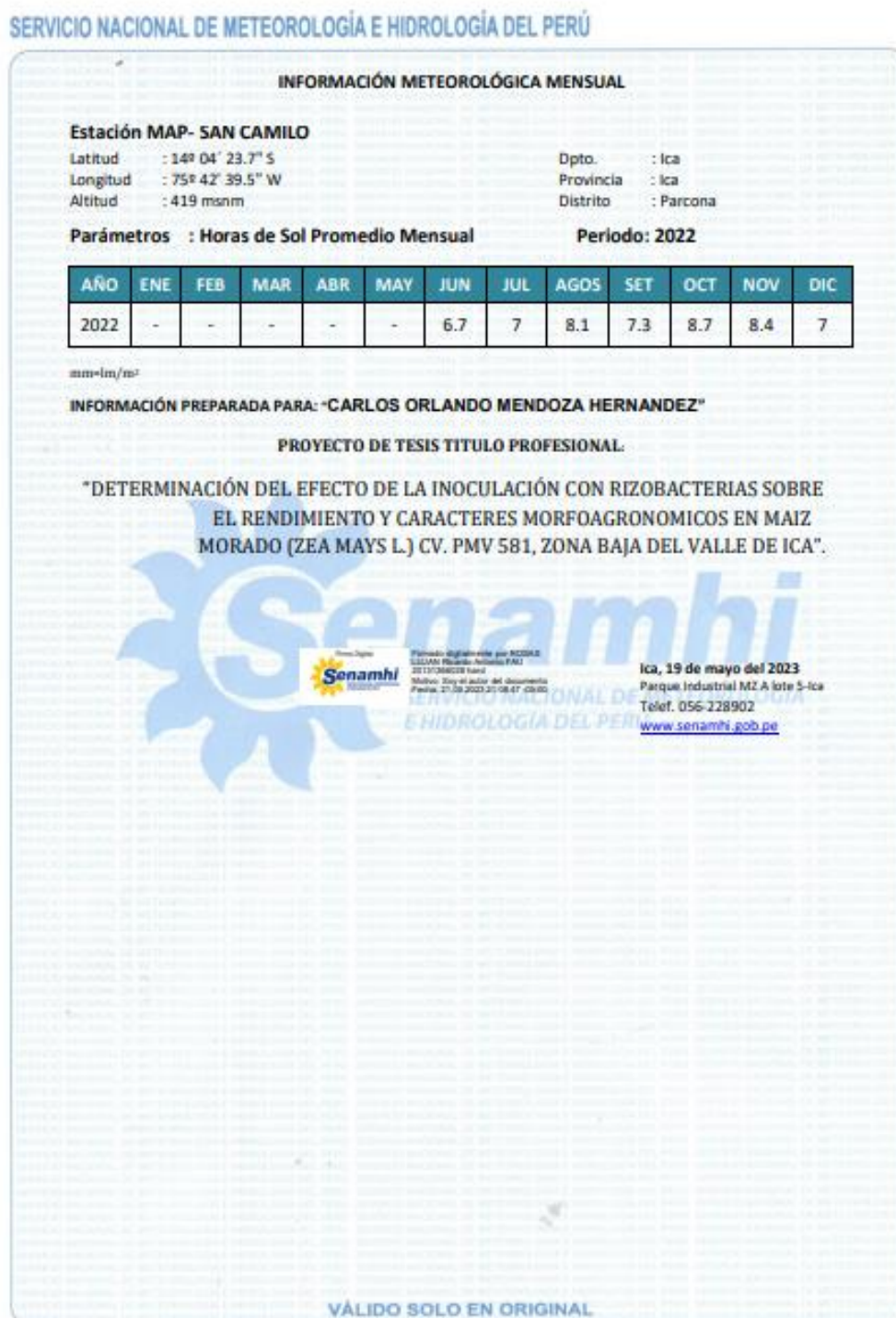


Fig. 8. Horas de sol promedio mensual periodo 2022 proporcionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

8.4 Datos de las variables evaluadas

TABLA 34
PORCENTAJE DE EMERGENCIA

Tratamientos	I	II	III	IV
1	97.08	92.08	98.75	93.33
2	97.08	90.00	95.83	93.75
3	90.83	91.25	91.67	90.83
4	93.33	90.83	92.92	93.75
5	95.83	90.42	97.08	90.83
6	92.92	90.00	95.83	94.58

TABLA 35
LONGITUD DE LA PARTE AÉREA

Tratamientos	I	II	III	IV
1	163	127.75	153.5	137
2	109.75	108.5	96.25	132.75
3	122.5	147.25	135	147
4	134.25	127	111	140
5	143	116	135	155.5
6	126.5	133.5	127.5	127

TABLA 36
PESO SECO DE LA PARTE AÉREA

Tratamientos	I	II	III	IV
1	47.295	41.155	55.54	44.38
2	32.94	25.1	34.16	48.09
3	25.485	37.93	43.905	42.945
4	44.17	39.155	35.62	39.215
5	37.46	34.43	43.905	41.69
6	42.305	43.765	22.865	31.905

TABLA 37
LONGITUD DE LA PARTE RADICULAR

Tratamientos	I	II	III	IV
1	32	28	26	32.5
2	23.25	24	30.5	26.5
3	22.5	23.25	33	30.25
4	28	31.5	33	30.5
5	25.75	38	33	37
6	27.5	24	31.5	28.5

TABLA 38
PESO SECO DE LA PARTE RADICULAR

Tratamientos	I	II	III	IV
1	3.95	2.845	3.78	2.88
2	2.675	2.815	3.14	3.05
3	2.73	2.915	3.535	3.83
4	3.385	2.205	2.36	4.59
5	3.205	4.585	3.535	3.775
6	3.49	3.12	3.105	3.395

TABLA 39
FLORACIÓN MASCULINA

Tratamientos	I	II	III	IV
1	88.00	88.00	87.00	88.00
2	84.00	89.00	84.00	88.00
3	89.00	84.00	89.00	84.00
4	84.00	89.00	89.00	84.00
5	83.00	83.00	88.00	84.00
6	89.00	89.00	90.00	90.00

TABLA 40
FLORACIÓN FEMENINA

Tratamientos	I	II	III	IV
1	99.00	100.00	99.00	99.00
2	96.00	101.00	96.00	100.00
3	101.00	96.00	101.00	96.00
4	96.00	100.00	101.00	96.00
5	94.00	95.00	99.00	96.00
6	101.00	100.00	101.00	101.00

TABLA 41
MADUREZ FISIOLÓGICA

Tratamientos	I	II	III	IV
1	153.00	153.00	152.00	152.00
2	149.00	153.00	149.00	152.00
3	154.00	149.00	154.00	148.00
4	150.00	153.00	153.00	150.00
5	148.00	150.00	152.00	150.00
6	153.00	153.00	153.00	153.00

TABLA 42
ALTURA DE PLANTA A COSECHA

Tratamientos	I	II	III	IV
1	2.500	2.550	2.500	2.283
2	2.567	2.367	2.467	2.333
3	2.567	2.317	2.483	2.450
4	2.533	2.333	2.400	2.433
5	2.600	2.683	2.717	2.633
6	2.283	2.400	2.367	2.183

TABLA 43
PESO DE 100 GRANOS

Tratamientos	I	II	III	IV
1	38.5	36.33	36	35
2	39.33	33.33	39	36.67
3	35	35.67	36	38.33
4	37	34.33	39	35.67
5	38.33	42.33	45.17	39.33
6	35	31.33	34.67	33.67

TABLA 44
PESO DE MAZORCA

Tratamientos	I	II	III	IV
1	92.5	88.1	91.6	89.6
2	96.3	91.5	95.5	92.1
3	91.3	89.8	92.9	100.5
4	87.1	88.20	96.5	87.9
5	108.4	110.4	112.8	109.3
6	86.1	75.4	89.1	84.1

TABLA 45
RENDIMIENTO POR PLANTA

Tratamientos	I	II	III	IV
1	100.4	89.3	92.7	89.3
2	102.7	91.2	101.1	96.8
3	90.8	97.3	99.3	101.2
4	94.8	88.1	97.9	95.3
5	115.4	120.5	123.5	119.2
6	85.8	82.8	86.1	78.5

TABLA 46
RENDIMIENTO POR PARCELA

Tratamientos	I	II	III	IV
1	5.765	5.235	5.588	5.285
2	5.862	5.535	5.813	5.485
3	5.324	5.645	5.665	6.167
4	5.494	5.217	5.754	5.522
5	6.814	6.953	7.383	6.854
6	4.965	4.822	5.196	4.664

8.5 Datos usados para el cálculo del análisis económico

a) Costo de producción

CULTIVO: Maíz Morado

CULTIVAR: PMV - 581

PERIODO VEGETATIVO: 5 meses

EPOCA: Invierno

ZONA: Ica

SUPERFICIE: 1 Ha

1. GASTOS DEL CULTIVO	Unidad	Número unidades	Costo unitario	Costo parcial	Costo total
a) Preparación de terreno					790.00
Gradeo y planchado en seco	H.M	2	90,00	180.00	
Surcado para machaco	H.M	1	80,00	80.00	
Tomeo y riego de machaco	JOR.	2	45.00	90.00	
Aradura en húmedo	H.M	2	90.00	180.00	
Gradeo y planchado	H.M	2	90,00	180.00	
Surcado para siembra	H.M	1	80,00	80.00	
b) Siembra					270.00
Siembra	JOR.	6	45.00	270	
c) Labores culturales					1 130.00
Cultivo	H.M	2	80.00	160.00	
Cambio de surco y aporque	H.M.	2	80.00	160.00	
Deshierbo	JOR.	4	45.00	180.00	
Riegos, tomeo y limpia aceq.	JOR.	8	45.00	360.00	
Aplicación de pesticidas	JOR.	6	45.00	270.00	
d) Cosecha					1 125.00

Guardianía	JOR.	5	45.00	225	
Cosechadores	JOR.	20	45.00	900	
SUB-TOTAL GASTOS DEL CULTIVO				3 315.00	
2. GASTOS ESPECIALES					
Semilla	kg	25	18,00	450	
Agua	m ³	8960	0,14	1254.4	
Pesticidas				384.00	
- Granolate	kg	10	5.5	55	
- Pyrinex	litro	2	70	140	
- Coloso	g	100	0.29	29	
- Bullfire	litro	1	160	160	
SUB TOTAL DE GASTOS ESPECIALES				2 088.40	
3. GASTOS GENERALES					
Leyes sociales (29% de M.O)				665.55	
Gastos de administración (4 %)				216.14	
Imprevistos (2 %)				108.07	
SUB TOTAL DE GASTOS GENERALES				989.76	
COSTO TOTAL DE PRODUCCION				6 393.16	

b) Costos variables

Productos empleados en los tratamientos	Unidad	Numero Unidades /ha	Costo Unitario	Costo Total
<i>Azotobacter (Azotonova)</i>	L	2	100.00	200.00
<i>Bacillus sp.</i>	L	1	20.00	20.00
<i>Bradyrhizobium sp.</i>	L	1	20.00	20.00
Urea	Kg	260.87	2.06	537.39
Fosfato di amónico	Kg	224	3.24	725.76
Sulfato de potasio	Kg	200	3.56	712

8.6 Panel fotográfico



Fig. 9. Riego de machaco



Fig. 10. Gradeo y planchado en húmedo



Fig. 11. Inoculación de las semillas



Fig. 12. Siembra



Fig. 13. Riego de mantenimiento



Fig. 14. Reinoculación por drench



Fig. 15. Rizobacterias empleadas



Fig. 16. Segunda fertilización



Fig. 17. Aporque



Fig. 18. Tomas de muestras para peso seco



Fig. 19. Secado en estufa



Fig. 20. Pesaje de muestras



Fig. 21. Manejo de aves



Fig. 22. Cosecha



Fig. 23. Medición de altura de planta



Fig. 24. Medición de humedad de granos



Fig. 25. Pesaje de mazorcas



Fig. 26. Pesaje de granos