

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

**EFEECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES EN EL RENDIMIENTO
DE CULTIVARES DE MAÍZ FORRAJEROS (*Zea mays* L.)
EN EL C.P.M. LOS PALOS, REGIÓN TACNA, 2015**

TESIS

Presentada por:

Bach. Diego Alonzo Zeballos Gonzales

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA - PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

**EFEECTO DE MICROORGANISMOS EFICACES EN EL RENDIMIENTO
DE CULTIVARES DE MAIZ FORRAJEROS (*Zea mays* L.)
EN EL C.P.M. LOS PALOS, REGIÓN TACNA, 2015**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 20 DE DICIEMBRE DEL 2016,
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:




MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

SECRETARIO:



MSc. ARÍSTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA

VOCAL:



MSc. NELLY ARÉVALO SOLSOL

ASESOR:



Dr. OSCAR OCTAVIO FERNÁNDEZ CUTIRE

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a Él le debo todo lo que soy.

A mis padres Manuel y Yanet por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, todo lo que soy es gracias a ellos. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Agradezco a la Universidad Jorge Basadre Grohmann por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diversos docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Mi agradecimiento también va dirigido al Ing. Hermann Baumann Samanez por haber aceptado que se realice mi tesis en su prestigiosa empresa; así como a los Ingenieros Luis Galantini Vignes y Rubén Huamán Uribe por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus capacidades y conocimientos científicos a lo largo del desarrollo de la presente tesis.

A mi novia Danella de Jesús, gracias por tu motivación, apoyo y compañía.

DEDICATORIA

La vida se encuentra plagada de retos, y uno de ellos es la universidad. Tras verme dentro de ella, me he dado cuenta que más allá de ser un reto, es una base no solo para mi entendimiento del campo en el que me he visto inmerso, si no para lo que concierne a la vida y mi futuro.

La presente Tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a Él he logrado concluir mi carrera.

A mis padres Manuel Zeballos Vildoza y Yanet Gonzales Quispe, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanos José y Luis por sus palabras de aliento y compañía.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Formulación y sistematización del problema	5
1.2.1 Problema principal	5
1.2.2 Problemas secundarios.....	5
1.3 Delimitación de la investigación.....	5
1.4 Justificación.....	6
1.5 Limitaciones	7
CAPÍTULO II: OBJETIVOS E HIPÓTESIS	8
2.1 Objetivos	8

2.1.1	Objetivo general.....	8
2.1.2	Objetivos específicos	8
2.2	Hipótesis	8
2.2.1	Hipótesis general	8
2.2.2	Hipótesis específica	9
2.3	Variables	9
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL		11
3.1	Conceptos generales y definiciones	11
3.1.1	Microorganismos Eficaces:	11
3.1.2	Mecanismos de Acción de los Microorganismos Eficaces	12
3.1.3	Tipo de organismos presentes:	13
3.1.4	Efectos de los microorganismos eficaces	15
3.1.5	Estiércol de vacuno.....	16
3.1.6	Características e importancia del cultivo del maíz.....	17
3.1.7	Composición química del grano de maíz:	20
3.2	Enfoques teóricos – técnicos.....	25
3.2.1	Morfología del maíz	25
3.2.2	Aspectos edafoclimaticos.....	28
3.3	Marco referencial.....	29
3.3.1	Antecedentes	29

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
4.1 Tipo de investigación.....	33
4.2 Población y muestra.....	33
4.3 Análisis físico – químico del suelo.....	34
4.4 Factores en estudio.....	35
4.5 Descripción de los cultivares.....	37
4.5.1 Marginal-28T.....	37
4.5.2 Opaco Malpaso.....	38
4.5.3 DEKALB 7088.....	39
4.6 Características del campo experimental.....	40
4.7 Métodos estadísticos utilizados.....	42
4.8 Variables de respuesta.....	42
4.9 Diseño de Investigación.....	43
4.10 Conducción de Experimento.....	43
CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUCIONES.....	48
5.1 Altura de planta.....	48
5.2 Área foliar total.....	51
5.3 Diámetro de tallo.....	55
5.4 Rendimiento de forraje.....	58
CONCLUSIONES.....	63

RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	65
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	10
Tabla 2. Análisis físico- químico del suelo del área experimental ubicado en el CPM los palos, 2015	34
Tabla 3. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del experimento (2015)	35
Tabla 4. Combinación de los tratamientos en estudio	36
Tabla 5. Análisis de varianza para altura de planta (m) de maíces forrajeros en el CPM los Palos.	48
Tabla 6. Prueba de significación de Duncan de altura de planta (m) para cultivares de maíces forrajeros en el CPM los Palos.....	49
Tabla 7. Prueba de Duncan de altura de planta (m) para dosis de EM, en el CPM los Palos.....	49
Tabla 8. Prueba de Duncan de interacción cultivares x EM para altura de planta (m), en el CPM los Palos.	50
Tabla 9. Análisis de varianza del área foliar total (cm ²) de maíces forrajeros en el CPM los Palos.	51
Tabla 10. Prueba de significación de Duncan para área foliar total de cultivares de maíz forrajeros en el CPM los Palos.....	52

Tabla 11. Prueba de significancia de Duncan de área foliar total (cm ²) para dosis de EM, en el CPM los palos.	53
Tabla 12. Prueba de Duncan de la interacción de cultivares x EM para área foliar total (cm ²), en el CPM los palos.	53
Tabla 13. Análisis de varianza del diámetro del tallo (cm) de cultivares de maíz forrajeros en el CPM los Palos.	55
Tabla 14. Prueba de significación de Duncan de diámetro de tallo para cultivares de maíces forrajeros en el CPM los palos.	56
Tabla 15. Prueba de significancia de Duncan de diámetro de tallo para dosis de EM, en el CPM los palos.....	56
Tabla 16. Prueba de Duncan para la interacción de cultivares por EM para diámetro de tallo, en el CPM los palos.....	57
Tabla 17. Análisis de varianza del rendimiento forraje verde (t/ha) de cultivares de maíz en el CPM los Palos.	58
Tabla 18. Prueba de significación de Duncan de rendimiento de forraje verde para cultivares de maíces en el CPM los palos.	59
Tabla 19. Prueba de significancia de Duncan de rendimiento de forraje para dosis de EM en el CPM los palos.....	59
Tabla 20. Prueba de Duncan para la interacción de cultivares por EM en el rendimiento del forraje verde (t/ha)	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aleatorización de los tratamientos en el campo experimental ..41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Altura de planta (m)	75
Anexo 2. Diámetro del tallo (cm).....	75
Anexo 3. Área foliar total (cm ²)	76
Anexo 4. Rendimiento de forraje verde (t/ha).....	76

RESUMEN

La presente tesis titulada “Efecto de microorganismos eficaces en el rendimiento de cultivares de maíz forrajeros (*Zea mays* L.) en el C.P.M. Los Palos, Región Tacna, 2015”.

En donde se evaluaron 2 factores: Factor A, cultivares de maíz: Opaco malpaso; Marginal 28T.; Dekalb 7088, y el factor B. microorganismo eficaces con 3 dosis: 0%; 5%; 10%, el diseño experimental utilizado fue de bloques completos aleatorios con 4 repeticiones en un arreglo factorial de 3 x 3.

Los resultados indicaron que el mayor rendimiento de forraje verde se obtuvo cuando se combina el factor cultivares con una dosis 10% de EM, en donde el cultivar Opaco Malpaso logró el mayor rendimiento con 86,91 t/ha.

Palabras clave: *Maíz, forraje, microorganismos eficaces.*

ABSTRACT

The present thesis entitled "Effect of effective microorganisms on yield of forage maize (*Zea mays* L.) cultivars in C.P.M. Los Palos, Tacna Region, 2015".

In which two factors were evaluated: Factor A: maize cultivars: Opaque malpaso, Marginal 28T, Dekalb 7088), and factor B, microorganism effective with 3 doses: 0%, 5%, 10%, the experimental design used was randomized complete blocks with 4 replicates in a 3 x 3 factorial arrangement.

The results indicated that the highest yield of green forage was obtained when the cultivar factor was combined with a 10% EM dose, where the cultivar Opaque Malpaso achieves the highest yield with 86.91 t/ha.

Keywords: *Maize, forage, effective microorganisms.*

INTRODUCCIÓN

Una multitud de diferentes especies de microorganismos están presentes en muchos suelos. La rizósfera del suelo se define como el volumen del suelo adyacente y está influenciada por las raíces de la planta, es una zona de amortiguamiento con una intensa actividad microbiana. Desde que Hiltner la definió en 1904, se han realizado avances en la investigación, que reconocen el papel que tienen los microorganismos rizosféricos en el crecimiento de la planta.

En la rizósfera se da una relación simbiótica entre microorganismos y plantas, debido a la exudación de nutrientes orgánico por parte de la planta, útiles para el metabolismo microbiano, ya que la raíz proporciona un nicho ecológico. Los microorganismos, a la vez, participan en numerosos beneficios como: influencia en el crecimiento radical, regulación de la actividad metabólica de la raíz e influencia en las propiedades físicas y químicas del suelo.

Uno de los mecanismos inmediatos para contrarrestar la baja fertilidad de los suelos es el uso de fertilizantes químicos; sin embargo, la aplicación de dosis altas de fertilizante es poco recomendable, debido

las restricciones de capital que enfrentan los agricultores. En años recientes se ha retomado el interés de utilizar microorganismos promotores del crecimiento en la producción de cultivos. Los mecanismos del efecto de los microorganismos promotores del crecimiento de las plantas no son bien comprendidos, sin embargo, se ha sugerido un amplio rango de posibilidades que incluye efectos directos e indirectos.

Una alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos es el uso de Microorganismo Eficaces, los mismos que son un cultivo microbiano mixto de microorganismos benéficos, que inoculados al suelo contribuyen a restablecer el equilibrio microbiano deteriorado por las malas prácticas de manejo agronómico; estos a su vez contribuyen a acelerar la descomposición de los desechos orgánicos en el suelo, lo cual incrementa también la disponibilidad de nutrientes para las plantas,

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Uno de los principales problemas que enfrentan los agricultores en la actualidad es el alto costo de los insumos agrícolas externos, tales como fertilizantes sintéticos y agroquímicos, que además causan serios problemas de contaminación ambiental y degradación de los suelos.

Los fertilizantes químicos representan 20-30% de los costos de producción de un cultivo y cuando son correctamente utilizados incrementan la productividad y rentabilidad; sin embargo cada año se incrementa la cantidad de fertilizantes por aplicar, debido a la menor eficiencia de adsorción en el suelo y absorción por la planta. Según la Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes, desde 1996 al 2013, el consumo se incrementó en 31% en el mundo y 56% en los países en vías de desarrollo, así como también el precio de algunos fertilizantes se triplicó disminuyendo la rentabilidad de los cultivos.

La pérdida de fertilidad natural de los suelos se ha visto compensada durante muchos años por el uso creciente de abonos químicos. Estos

fertilizantes artificiales a pesar de que reemplazan el nitrógeno, fósforo y potasio y demás elementos nutritivos extraídos del suelo, no son sustituto perfecto que garantice la buena salubridad del suelo debido a que no aportan materia orgánica, microorganismos, insectos, agua y nutrientes secundarios, elementos extremadamente necesarios para el correcto desarrollo de los cultivos.

Hay que tener muy en cuenta que los microorganismos son esenciales para mantener la salud de los suelos. La comunidad microbiana es reducida con respecto al conjunto de materia orgánica presente en el suelo, pero la mayor parte de la transformación que sufre la misma es llevada a cabo por estos microorganismos. Por lo tanto, es esencial la presencia de biodiversidad microbiana para el buen desarrollo de los cultivos.

Para ayudar a la solución de esta problemática se propone hacer uso de EM (Microorganismos eficaces) para lograr un mayor rendimiento en producción de forraje suprimiendo el empleo de fertilizantes químicos. Los microorganismos eficaces (EM), contribuyen a acelerar la descomposición de los desechos orgánicos presentes en el suelo, lo que se va a traducir en una mayor disponibilidad de nutrientes para los cultivos forrajeros y por ende, en un incremento de su productividad.

1.2 Formulación y sistematización del problema

1.2.1 Problema principal

¿Cuál será el efecto de los microorganismos eficaces en el rendimiento de tres cultivares de maíz forrajero en condiciones del C.P.M Los Palos?

1.2.2 Problemas secundarios

¿Cuál de las dosis tendrá el mayor efecto en el rendimiento de los tres cultivares de maíz forrajero en condiciones del C.P.M Los Palos?

1.3 Delimitación de la investigación

Espacio geográfico: se realizó la investigación en el C.P.M. Los Palos perteneciente a la provincia y región de Tacna.

Sujetos de observación: los sujetos observados fueron tres cultivares de maíz forrajero.

Tiempo: el tiempo de ejecución de la investigación tuvo un periodo de 4 meses. La siembra se realizó en mayo del 2015, en temporada de invierno, la cosecha de forraje (evaluaciones) se efectuó en agosto del 2015.

1.4 Justificación

Actualmente, la mayoría de los sistemas ganaderos tienen una alta dependencia de insumos externos (fertilizantes e insecticidas químicos), provocando un impacto ambiental negativo y pérdidas económicas para los productores ganaderos además que resultan sumamente nocivos para la alimentación animal.

Dado a que la agricultura convencional viene degradando los suelos y el medio ambiente y dejando residuos tóxicos en los alimentos, se ha visto conveniente optar por una agricultura ecológica con el uso de microorganismos eficaces a fin de obtener productos inocuos y reducir en forma gradual el daño causado al suelo.

Los agricultores ven que en un corto plazo sus sistemas tradicionales de cultivo serán cada vez menos sostenibles debido a su alta dependencia de insumos externos, por lo que la agricultura ecológica se presenta como una opción interesante, en la que sin embargo es fundamental una adecuada fertilidad del suelo para asegurar una producción de calidad

La tecnología agrícola sigue avanzando y los mercados mundiales están siendo cada vez más exigentes en la regulación de plaguicidas y fertilizantes. La tendencia avanza hacia la sostenibilidad y eficiencia con

menor impacto ambiental. Los productores buscan mayor eficiencia y una transición hacia las herramientas amigables. Respondiendo a esta necesidad es que se propone el uso de microorganismos eficaces en la producción de forraje. Esta es una opción de producción sana y limpia para el agricultor, mejora la productividad sin contaminar los suelos y reduce los costos de producción al permitir independizarse de fertilizantes químicos o reducir su uso.

1.5 Limitaciones

No existen trabajos relacionados al tema de investigación a nivel local y regional.

El estudio solo comprende 3 cultivares de maíz.

El trabajo de investigación estuvo autofinanciando por el tesista.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo general

Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en el rendimiento de tres cultivares de maíz forrajeros (*Zea mays* L.) en condiciones del C.P.M Los Palos.

2.1.2 Objetivos específicos

Determinar la dosis de microorganismos eficaces de mayor influencia en el rendimiento de forraje en los tres cultivares de maíz bajo condiciones del C.P.M. Los Palos.

2.2 Hipótesis

2.2.1 Hipótesis general

El uso de los microorganismos eficaces tendrá un efecto significativo en el rendimiento de tres cultivares de maíz forrajero en condiciones del C.P.M Los Palos.

2.2.2 Hipótesis específica

Al menos uno de los tratamientos tendrá el mayor efecto en el rendimiento de forraje de maíz en condiciones del C.P.M Los Palos.

2.3 Variables

a. Variable dependiente (Y)

- Rendimiento de forraje

b. Variables independientes (X)

- X₁: Cultivares de maíz forrajero
- X₂: Microorganismos eficaces

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES
Variable dependiente (Y)		
	Altura de planta	m
Rendimiento de forraje (t/ha)	Diámetro del tallo	cm
	Área foliar total	cm ²
Variable independiente (X)		
Cultivares de maíz forrajeros	Cultivares	• Opaco malpaso
		• Marginal 28T
		• DEKALB 7088
Microorganismos eficientes	Dosis de Microorganismos	• 0% (Sin aplicación)
		• 5%
		• 10%

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1 Conceptos generales y definiciones

3.1.1 Microorganismos Eficaces:

Existen microorganismos en el aire, agua, suelo, en nuestros intestinos, en los alimentos que consumimos. Las condiciones actuales de contaminación y uso excesivo de sustancias químicas sintéticas han causado la proliferación de especies de microorganismo considerados degeneradores. Estos microorganismo a grandes rasgos, son causantes de enfermedades en plantas y animales, generan malos olores y gases nocivos al descomponer residuos orgánicos (Mauz, 2006).

Los microorganismos eficaces o EM son una cultura mixta de microorganismos benéficos (fundamentalmente bacterias fotosintéticas, bacterias acidolácticas, levaduras y actinomicetes) que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos. Esto a su vez aumenta la calidad y la salud de los suelos, lo que a su vez aumenta el crecimiento, la calidad y el rendimiento de los cultivos (Mauz, 2006).

Presentan tres características importantes 1) su capacidad para la colonización radical, 2) sobrevivir y multiplicarse en el microhábitat asociado a la superficie radical y 3) tienen la capacidad para promover el desarrollo de las plantas (Kloepper, 1989).

3.1.2 Mecanismos de Acción de los Microorganismos Eficaces

Los diferentes tipos de microorganismos eficaces, toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los Microorganismos Eficaces para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas. Cuando los Microorganismos Eficaces incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbiales, suprimiendo microorganismos patógenos (Higa y James, 1996).

Es difícil delimitar el mecanismo de acción utilizado, debido por una parte, a que pueden utilizar varios (Artursson *et al.*, 2006). Básicamente presentan mecanismos directos e indirectos. El primero consiste en que los metabolitos excretados por estos microorganismos es en sí capaz de estimular el crecimiento vegetal (Kloepper, 1989). Cuando es indirecta, los

microorganismos liberan metabolitos que afectan a otros factores rizosféricos que revierten en una mejora o estimulación de la planta (Kloepper, 1992).

3.1.3 Tipo de organismos presentes:

3.1.3.1 Bacterias Fototróficas

Son bacterias autótrofas (*Rhodopseudomonas sp.*, *Rhodobacter sp.*, *Rhodomicrobium sp.*, *Rhodospirillum sp.*) que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros Microorganismos Eficaces (Kyan, 1999).

3.1.3.2 Bacterias Ácido Lácticas

Estas bacterias (*Lactobacillus sp.*, *Streptococcus lactics*) producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida

descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso (Higa & James, 1996).

3.1.3.3 Levaduras

Estos microorganismos (*Saccharomyces sp.*, *Candida sp.*) sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para Microorganismos Eficaces como bacterias ácido lácticas y actinomicetos (Kyan, 1999).

El concepto de la inoculación de suelos y plantas con microorganismos benéficos para crear un ambiente microbiano más favorable para el crecimiento de las plantas ha sido motivo de discusión durante décadas por parte de los científicos dedicados a la agricultura (Hyga, 2003).

3.1.3.4 Actinomicetos

Estos microorganismos (*Streptomyces sp.*, *Micromonospora sp.*) tienen gran importancia en la sostenibilidad de los suelos, ampliamente

distribuidos en los ecosistemas naturales. Presenta un olor típico a suelo húmedo por la producción de un metabolito llamado geosmia, producen terpenoides, pigmentos y enzimas extracelulares con las que son capaces de degradar la materia orgánica de origen animal y vegetal (Ezziyyani et al., 2004).

3.1.4 Efectos de los microorganismos eficaces

Los siguientes son algunos de los efectos benéficos de la aplicación de microorganismos eficaces.

- Estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas así como incrementan los rendimientos (Chanway *et al.*, 1989).
- Regulan la actividad metabólica de la raíz, promueven el crecimiento de las raíces y la proliferación de los pelos radicales, mejorando la absorción de agua y minerales del suelo (Caballero-Mellano, 2006).
- Suprimen enfermedades producidas por microorganismos fitopatógenos (Lugtenberg & Kamilova, 2009).
- Degradan he incluso mineralizan los compuestos orgánicos en asociación con las plantas (Zhuang *et al.*, 2007).
- Incrementan la emergencia, resultado explicado por la activación de procesos metabólicos en la semilla, producto de la secreción

bacteriana de sustancias estimuladoras como giberelinas, encargadas de activar la síntesis de enzimas hidrolíticas en el endospermo (Torres *et al.*, 2013).

- Aceleran la velocidad de mineralización de la materia orgánica o de la descomposición de los residuos incrementando su eficacia como fertilizante (Gómez, 2004).

3.1.5 Estiércol de vacuno

El estiércol es la principal fuente de nutrientes para las plantas, además mejora las características físicas y químicas del suelo, favoreciendo la asimilación de nutrientes y la retención de humedad, los animales consumen los forrajes y solo absorben una mínima cantidad de nutrientes, el resto es eliminado en el estiércol y en la orina.

Según Domínguez, A. 1990, El contenido de nutrientes en kg/t de producto es la siguiente:

- N: 7
- P₂O₅: 6
- K₂O: 8
- MgO: 4

3.1.6 Características e importancia del cultivo del maíz

3.1.6.1 Origen.

El maíz (*Zea mays* L.) es una de las principales contribuciones de América Latina a la agricultura mundial. Fue la base de la alimentación de los pueblos precolombinos, y hoy continúa siendo la más importante fuente nutricional de muchos países centroamericanos y andinos (Paratori, 1995).

Exploraciones realizadas en Norte y Sur América en los siglos XV y XVI, indican que el maíz se cultiva extensamente desde Chile hasta la región de los Grandes Lagos en Estados Unidos y Canadá. Hoy en día el maíz se cultiva en la mayoría de los países, como resultado de los esfuerzos de los fitomejoradores (Aguilar, 1987).

El maíz es un cultivo muy importante en el Perú, especialmente de la producción agrícola campesina. En torno a él se organizan las tareas de los miembros de la familia y el sistema de cooperación y reciprocidad comunal, garantiza la alimentación de los miembros de la familia campesina y moldea la identidad social (Jaegher y Valverde, 1991).

El maíz a diferencia de otros cereales, se puede cultivar en casi todos los climas, casi todas las latitudes y casi todos los suelos. Se cultiva

pronto, se almacena con facilidad y se conserva por largo tiempo; se prepara con sencillez y no requiere de equipo complejos para consumirse. Todo puede hacerlo la familia campesina en casa, con sus propios recursos. Por ello, es en los periodos de crisis cuando mejor se muestra la importancia del maíz. Su disponibilidad es una trinchera de seguridad, de sobrevivencia de numerosos grupos sociales en el campo y la ciudad. De ahí que la carencia de maíz se expresa no solo como hambre, desnutrición y epidemia, sino también como extinción cultural de las sociedades que dependen de él (Guerrero, 1992).

Esta prodigiosa herencia vegetal, actualmente adaptada a casi todas las regiones del mundo, constituye un tesoro genético para el desarrollo de nuevas y mejores variedades de maíz. Por el lugar que ocupa en la alimentación de la población mundial, por sus comparables cualidades nutritivas, por las ventajas que ofrece para su cultivo y por la diversidad de productos derivados que se obtienen a partir de él, el maíz constituye un bien estratégico mundial (Aguilar, 1987).

3.1.6.2 Área cultivada:

La superficie mundial dedicada al maíz, se ha reducido en 3 millones de hectáreas llegando a 175 millones de hectáreas (2014-2015). Por otra parte, esta importante reducción de la siembra se ha visto incrementada

en 2 millones de toneladas, lo que representa unos rendimientos de 5,7 t/ha, equivalentes al 9% por encima de la media de los últimos cinco años. Los últimos datos publicados, suponen una recuperación de algunos países más afectados desde el inicio de la campaña, como son los países del CEI (Comunidad de Estados Independientes) y los países del hemisferio sur, pero que se han compensado por los elevados rendimientos de otros como EEUU y la Unión Europea principalmente (Maluenda, 2014).

A nivel nacional la producción de maíz ha seguido un ritmo positivo, presentando en las dos ultima décadas una tasa de crecimiento promedio anual de 3%. Así, de producir 793 798 t. en 1990, se produjeron 1 883 768 t. en el 2013, creciendo en más del doble (137%) durante ese periodo. A noviembre del 2013, la producción alcanzada fue de aproximadamente 1 523 075 t. Este crecimiento de la producción se sustentó principalmente en la expansión de la superficie cultivada (1 716 000 ha) (Huamanchumo, 2013). En el caso del maíz chalero, para el año 2015 la superficie cultivada fue de 23 miles de hectáreas alcanzado una producción anual de 411,1 miles de toneladas con una producción promedio de 33 t/ha (SIEA, 2016).

A nivel departamental, Tacna a alcanzado para el caso de maíz duro 35 t. de producción anual con un rendimiento promedio de 2 917 kg/ha. En el caso del maíz amiláceo, se alcanzó una producción de 1 101 t. anual con una superficie cultivada de 381 ha. y un rendimiento de 2 890 kg/ha. El maíz chalero alcanzó una producción anual de 25 951 t. y una superficie cultivada de 1 543 miles de hectáreas con un rendimiento por ha. De 31 818 kg. Finalmente el maíz choclo alcanzo una producción anual de 1 425 t. con un área cultivada de 140 ha. y un rendimiento de 10 179 kg/ha (SIEA, 2016).

3.1.7 Composición química del grano de maíz:

3.1.7.1 Valor calórico y nutricional del grano de maíz:

El grano del maíz es un fruto rico en nutrientes digestibles totales, considerado como un alimento eminentemente energético. Tiene alto contenido de almidón (70%), y bajo contenido de proteínas (7%). Las proteínas son de baja calidad siendo su componente básico la zeína. Una excepción la constituyen los maíces con los genes opaco-2 y harinoso-2 que condicionan alto contenido en lisina y triptófano. Entre los cereales el maíz es uno de los granos que contiene mayor cantidad de grasas (4%) y porcentajes significativos de elementos mayores: fósforo, potasio así como en los elementos menores: cobre, hierro, zinc, fluor, etc. El valor

calórico de la harina de maíz en promedio es de 360% y un valor nutritivo promedio de 11,6% (Manrique, 1997).

3.1.7.2 Hidratos de carbono:

El endospermo está constituido en un 74% por hidratos de carbono, en forma de almidón con un 70%, azúcares 1,4% y fibra 2%. El almidón en los maíces corrientes duros, semiduros o amiláceos está constituido por dos tipos de almidón, un 75% de amilopectina y un 25% de amilosa. En menor proporción acompañan al almidón monosacáridos, como pentosas con un 10% en los dulces y 6% en los cristalinos y amiláceos, así como pentosanas con un 9% en los dulces y 5% en los cristalinos y amiláceos (Manrique, 1997).

3.1.7.3 Proteínas y aminoácidos:

El contenido de proteínas en el grano de los maíces peruanos son generalmente bajos, fluctuando entre 5 y 8%, de los cuales del 50 al 75% son gluten o almidón córneo del endospermo y el resto en el embrión. El maíz contiene tres tipos de proteínas: las prolaminas, solubles en alcohol y que forman la zeína, localizadas mayormente en el endospermo; las globulinas, solubles en soluciones de sales neutras, constituidas por lisina, triptófano, que se encuentran mayormente en el embrión y gluteínas, localizadas en el endospermo. La zeína es una proteína

deficiente en aminoácidos esenciales: lisina y triptófano y aportan más del 50% de las proteínas totales del grano, constituyendo así una proteína de muy baja calidad nutritiva (Castillos, 1967).

3.1.7.4 Grasas:

El grano del maíz contiene en promedio el 4,7% de grasas y están localizadas en un 85% en el embrión; y por prensado se extrae el aceite de maíz. Está constituido por ácidos grasos esenciales no saturados, principalmente, el ácido linoleico con un 50%, luego el oleico con un 34% y en menor porcentaje el palmítico, esteárico araquidónico, fórmico, acético, caproico, caprilico, y otros (Alexander, 1965).

3.1.7.5 Elementos Minerales:

Los diferentes tipos de granos de maíz tienen un contenido promedio de 1,5% de ceniza, de la cual cerca del 80% se encuentra en el embrión y el 20% en el endospermo. Entre los elementos que se encuentra en mayor proporción en ella, están el fósforo en 0,3% y el potasio en un 0,35% y en menor proporción el calcio en 0,01%, el magnesio en 0,08% y el hierro con 0,003% (Sanchez, 1966).

3.1.7.6 Vitaminas:

El grano de maíz es un fruto con cantidades apreciables de vitaminas las cuales varían según el tipo de endospermo duro o amiláceo y según sea este blanco o amarillo. Las vitaminas están localizadas mayormente en el embrión o en las capas de aleurona, situadas en la parte exterior del endospermo, inmediatamente debajo del pericarpio. Entre las vitaminas que mayormente se encuentran en el grano de maíz amarillo están los carotenoides en un 6% y constituyen la fuente de la previtamina A, la cual es fácilmente convertida por el organismo animal en vitamina A. Otras vitaminas de alto valor nutricional que contiene el grano, son las que conforman el complejo B, con un promedio de 4 mg por gramo, tanto en maíces amarillos como en blancos (Manrique, 1997).

3.1.7.7 Maíces de alta calidad proteica

Gracias al gene opaco-2 y harinoso-2, se ha logrado reducir la proporción de zeína en el endospermo, incrementando las gluteínas y las globulinas de alta calidad proteína, por llevar en su composición molecular los aminoácidos esenciales del crecimiento y desarrollo: lisina y triptófano, que no son sintetizados por el hombre y los animales monogástricos (Manrique, 1997).

3.1.7.8 El maíz en la alimentación animal

El maíz constituye uno de los cereales de mayor importancia en la alimentación animal. Es usado en forma directa tanto la planta como el grano, e indirectamente en forma de mezclas balanceadas en múltiples concentrados, específicos para la alimentación de cada especie animal y para cada tipo o propósito de crianza.

La planta incluyendo la mazorca madura granos pastosos, es usada en forma directa en la alimentación del ganado como forraje o chala picada o ensilada. También se utiliza la planta verde desprovista del grano, cuando se le han extraído las mazorcas de un cultivo de maíz para choclo, o la “panca” o planta seca sin mazorca, proveniente de los cultivos dedicados a la producción del grano. Se le usa como alimento matinal antes que el ganado salga a pastear en los alfalfares o pastizales, con el fin de evitar el meteorismo o aventazón. La panca picada y mezclada con las tuzas trituradas vienen siendo usada como un alimento suplementario en los centros de ganado vacuno (Manrique, 1997).

La calidad del ensilaje de maíz está vinculada con la concentración y digestibilidad del forraje, así como del estado lechoso de la mazorca al momento del ensilado.

3.1.7.9 Momento de cosecha del maíz forrajero

Al elegir el momento óptimo para ensilar, se buscan altos rendimientos de MS/ha, de buena calidad y que el forraje ensile adecuadamente-fácil de compactar y buena fermentación (Pigurina, 1992).

El momento óptimo es cuando los granos en toda la espiga están firmes a duros, pero se pueden marcar con la uña. Las chalas y las hojas basales están marrones o secas. La planta está a punto para ensilar porque en rendimiento de MS/ha es muy alto, el contenido de humedad de la planta es adecuado (32% a 40%) para lograr una buena compactación. Por lo tanto la calidad de fermentación del forraje y su conservación son excelentes, y el consumo animal es alto (Pigurina & Perez, 1994).

3.2 Enfoques teóricos – técnicos

3.2.1 Morfología del maíz

a. La raíz

La raíz del maíz es fasciculada con abundante ramificación que se origina de la radícula original después de la germinación de la semilla. También se desarrollan las raíces zancos o semiaereas

en la base de tallo para reforzar el sostenimiento de la planta así como el soporte de los tumbados por el viento (Holle, 1962).

b. Tallo

Los tallos son erguidos, cilíndricos, simples, algunas veces ramificados en su base y con raíces que brotan de los nudos inferiores. Algunas variedades presentan pigmento antociánicos. La altura y el diámetro del tallo son variables dependiendo de la variedad (Kiesslbach, 1949).

c. Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (Purseglove, 1972).

d. Inflorescencia masculina

Las espigas son unisexuales y monoicas. La inflorescencia masculina es terminal de color amarillo, formado por dos espigas bifloras con tres estambres libres. En espigas de 12 a 40 cm de largo, con la espiga terminal de mayor longitud que las otras, el raquis es angular inarticulado y finamente hirsuto, las espigas se

desarrollan en pares y viscerados, son larga y agudas de 0,8-1,3 cm de largo generalmente con tonalidad morada, tienen tres estambres, las anteras son de 0,45-0,55cm de largo y de color amarillo o violeta (Holle, 1962).

e. Inflorescencia femenina

Está formada por espículasunifloras dispuestas sobre un eje carnoso o coronta, en las axilas en una o más hojas generalmente solitarias, raramente dos o tres juntas, arrojando cada una un prolongado estilo, los estilos en conjunto asoman por las brácteas (pancas) que envuelven la mazorca, formando una barba o cabellera rubia-rojiza (Holle, 1962).

f. Cariópside

Son ovoides con un ápice agudo obtuso redondeado y comprimido, que es variable en color de 0,5- 1 y algunas veces hasta 2,5 de largo y 0,5-1 cm de ancho. El pericarpio y la membrana nuclear están íntimamente ligados en el grano maduro o cariópside que parece que se encuentran fusionados. Cuando el grano está maduro contienen también una capa de aleurona próxima a la envoltura. El endosperma almidonoso y un embrión. El endosperma consta de la capa de aleurona y del parénquima

almidonoso, estando este último compuesto de células de paredes delgadas aquellas que se encuentran en los bordes de la capa de aleurona. Son ricas en proteínas (Fisher & Palmer, 1984).

3.2.2 Aspectos edafoclimaticos

El suelo interactúa con los genes de la planta de maíz y restringe el potencial genético que esta posee para el desarrollo radical. Así, por ejemplo, suelos con pie de arado, poco profundos, o con ambientes indeseables, restringirán el crecimiento de las raíces imitando la capacidad de exploración de la planta, lo cual también limita un aspecto de extrema importancia en la relación suelo- planta, que es la capacidad de abastecimiento de agua (Rodríguez & De león, 2008).

La fecha de siembra está influenciada por las condiciones de clima, la germinación óptima del maíz se obtiene con temperaturas de 18 a 21 °C, disminuyendo significativamente con temperaturas menores de 13 °C. (Jurado, 2014).

El cultivo de maíz se adapta a temperaturas de 15 a 28 °C, dependiendo de la variedad y zona de cultivo.

3.3 Marco referencial

3.3.1 Antecedentes

En la región no se han realizado trabajos de investigación relacionados a la aplicación de microorganismos eficaces en el suelo para el cultivo del maíz forrajero por lo que aún se desconocen los efectos que estos puedan tener en la producción de forraje. Pero se tiene una amplia lista de trabajos realizados en distintos puntos del país en el cual el uso de Microorganismos eficaces forma parte de los factores de estudio.

En 2007 se realizó en Huaraz-Ancash un trabajo de tesis en donde se quería determinar el rendimiento del cultivo de espinaca aplicando diferentes dosis de Microorganismos Eficaces (EM). El objetivo de este trabajo fue aplicar tres niveles de Microorganismos eficaces al (1%, 3%, 5% y 0% como testigo), y determinar el nivel óptimo para incrementar el rendimiento del cultivo de espinaca. El mejor rendimiento del cultivo de espinacas se obtuvo con la dosis del 3% de Microorganismos Eficaces con 28,80 t/ha; este rendimiento fue superior al de los demás tratamientos incluyendo al testigo (20,86 t/ha) en el que no se le aplicó EM (Montoro, 2007).

En Ancash en el año 2009, se realizó un estudio de investigación en el cual se determinaba el efecto de los microorganismos eficaces en el

enraizamiento de esquejes de cedrón (*Lippia citriodora* L.) en diferentes sustratos (humus, tierra agrícola y compost) a 3100 m.s.n.m. El tratamiento Compost con Microorganismo Eficaces (EM) en el enraizamiento de estacas de cedrón (*Lippia citriodora* L.) resultó la mejor respuesta para las variables evaluadas: 88,90% de prendimiento; 43,53 cm en la longitud de la raíz principal; 54,8 cm/brote, 11 brotes/planta, mostrando superioridad y diferencia significativa frente a los demás tratamientos (Castillo, 2009).

En Huaraz se realizó un trabajo de tesis denominado, efecto de los microorganismos eficaces en la propagación de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en diferentes sustratos (compost, tierra agrícola y humus) en condiciones de invernadero. El tratamiento Compost con Microorganismo Eficaces (EM) en la propagación de la chirimoya (*Annona cherimola* Mill) resultó la mejor respuesta para las variables evaluadas: 77,8% de germinación; 24,42 cm de longitud de raíz principal; 30 cm de altura de planta en momento de repique y 46 días de emergencia mostrando superioridad y diferencia significativa frente a los demás tratamientos (Soria, 2009).

En Moquegua se realizó un trabajo de tesis en el cual se evaluaba el efecto de los Microorganismos eficaces en dos variedades de melón

(*Cucumis melo* L.) en distintos abonos orgánicos. Se ponía en prueba las variedades Piel de Sapo y la Orange Flesh en dos abonos orgánicos (estiércol de vacuno y humus de lombriz). En donde la variedad Piel de Sapo con el abono humus de lombriz y la aplicación de Microorganismos eficaces llegó a alcanzar 12 600 kg/ha (Medina, 2009).

En un estudio realizado en el valle de San Gabán, Puno; se concluyó que hubo un aumento significativo en la producción debido a la acción de Microorganismos eficaces más compost en la producción de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal), obteniendo 14 367 kg/ha (Teves, 2009).

En una investigación efectuada en Chucuito, Puno; en el 2009, se evaluó la producción de plántulas forestales con Microorganismos eficaces en el vivero de San Juan de Potojani. Se probaron 5 dosis distintas de EM (3,5 ml, 7 ml, 10,5 ml, 14 ml y 0 ml) en cinco especies forestales (queñua, c'olle, pino, ciprés, y eucalipto). Se concluyó que el mejor crecimiento y desarrollo de la parte aérea y sistema radicular de las plántulas se logra con las dosis de: 3,5 ml, 7 ml y 10,5 ml de EM, sin embargo las dosis 14 ml de EM y 0 (testigo) tienen un menor efecto en lograr altura de plántula y longitud de raíz (Valdivia, 2009).

En un estudio realizado en espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en el vivero del Centro de Investigación y Producción Illpa de la U.N.A. Puno se

concluyó que los tratamientos que incluían dosis de Microorganismos eficaces alcanzaron mayores rendimientos (25 126 kg/ha) que aquellos que no lo incluían (Ticona, 2009).

En una investigación hecha en el distrito de Matos-Provincia de Huaylas se evaluó el efecto de los Microorganismos eficaces y compost en el rendimiento de cultivo de Kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*). Se probaron dos dosis (4%, 6% y el testigo 0%) en cantidades distintas de compost (12 t/ha y 9 t/ha). Se obtuvo mayores resultados en cuanto a la altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja y rendimiento con (2 425 Kg/ha) en el tratamiento en el que se empleó la dosis de 6% de EM y 12 t/ha de compost (Hinostroza, 2010).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental porque es un proceso sistemático y una aproximación científica a la investigación en la cual el investigador manipula una o más variables y controla, mide cualquier cambio en otras variables.

4.2 Población y muestra

La población estuvo constituida por tres cultivares de maíces forrajeros (Opaco Malpaso, Marginal 28T, Dekalb 7088), de dicha población experimental se seleccionó una muestra de 360 plantas para la evaluación y mediciones de variables respuesta.

4.3 Análisis físico – químico del suelo

Tabla 2. Análisis físico- químico del suelo del área experimental ubicado en el CPM los palos, 2015

ANÁLISIS FÍSICO	
Arena	88,4
Limo	6,6
Arcilla	5,0
Textura	Aa
ANÁLISIS QUÍMICO	
Ca CO ₃ %	--
pH	7,3
CE mmhos/cm	1,8
M.O %	0,3
N %	0,01
P ppm	4
K ppm	660
CIC	7,94
Fe ppm	38
Zn ppm	1,4
Mn ppm	28
Cu ppm	0,8
B ppm	0,5

Fuente: Escuela Superior de Administración Rural ESAR. Laboratorio de Aguas, Suelos y Nutrición Vegetal – Chincha (2014).

De la tabla 2, del análisis del suelo, según estos resultados las condiciones del pH y CE son adecuados, así también el tipo de suelo es arenoso el cual permitirá el desarrollo radicular de los maíces, sin

embargo será necesario la incorporación de materia orgánica a fin de incrementar la retención de humedad y nutrientes disponibles en el suelo. Es necesario incorporar fertilizantes nitrogenados y fosforados, con respecto al potasio existe en cantidades muy elevadas.

Tabla 3. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del experimento (2015)

Meses	Temperatura °C		Humedad Relativa %
	Máxima	Mínima	
Mayo	25,1	14,8	83
Junio	23,2	11,8	75
Julio	21,1	9,1	78
Agosto	21,2	9,9	74

Fuente: Estación Meteorológica DAVIS. Fundo Las Lagunas.

De la tabla 3, según dichas temperaturas el cultivo de maíz, si prospero, sin embargo las temperaturas mininas han incidido en el crecimiento y diámetro de tallo, retardando el normal desarrollo del cultivo, debido a que son cultivares de clima templado y tropical, según Jurado, P. (2014) El cultivo de maíz prospera en temperaturas de 15 a 28 °C.

4.4 Factores en estudio

Los factores en estudio utilizados en la presente investigación fueron:

Factor A: Cultivares

a₁: Opaco malpaso

a₂: Marginal 28T

a₃: Dekalb 7088

Factor B: Microorganismos eficaces

b₀: Sin aplicación

b₁: 5%

b₂: 10%

En la siguiente tabla se presentan la combinación de los tratamientos.

Tabla 4. Combinación de los tratamientos en estudio

Cultivares	Microorganismos Eficaces	Tratamientos
a ₁ : Opaco Malpaso	b ₀ : Sin aplicación b ₁ : 5% b ₂ : 10%	T ₁ :a ₁ b ₀ T ₂ :a ₁ b ₁ T ₃ :a ₁ b ₂
a ₂ : Marginal-28T	b ₀ : Sin aplicación b ₁ : 5% b ₂ : 10%	T ₄ :a ₂ b ₀ T ₅ :a ₂ b ₁ T ₆ :a ₂ b ₂
a ₃ : DEKALB 7088	b ₀ : Sin aplicación b ₁ : 5% b ₂ : 10%	T ₇ :a ₃ b ₀ T ₈ :a ₃ b ₁ T ₉ :a ₃ b ₂

Fuente: Elaboración propia

4.5 Descripción de los cultivares

4.5.1 Marginal-28T

El cultivar Marginal 28T es un compuesto que resulta de un cruzamiento inter e intra poblacional de los cultivares ACROS 7725, FERKE 7928 proveniente del CIMMYT, mejorado y adaptado por el INIA a características tropicales de la selva y costa norte del Perú (Manrique, 1997). Agronómicamente presenta las siguientes características:

Altura	: de 2 a 2,20 m.
Días a 50% de la floración	: de 58 a 60 días después de la siembra.
Periodo vegetativo	: de 110 a 120 días (verano) 130 a 140 días (invierno)
Altura de la inserción	: 1 a 1,10 m
Color de grano	: amarillo rojizo
Peso de 100 gramos	: 36 granos
Número de hileras	: 14 (12-18)

Rendimiento Experimental : 8 000 kg/ha

Rendimiento Comercial : 4 000 kg/ha

4.5.2 Opaco Malpaso

El maíz Opaco Malpaso es una buena fuente de alimentación para vacas lecheras en áreas de irrigación de la Costa sur del Perú. En distintas pruebas en campo se ha comprobado que es el mejor complemento de alimentación junto con la alfalfa.

Altura de plata : 2 a 2,5 m

Floración : a los 80 días

Color de grano : color blanco

Textura de grano : vítreo amiláceo

Forma de la mazorca : cilíndrica cónica

Plagas y enfermedades : tolerante

Calidad proteica : alto

Utilización : grano y forraje

Adaptación : 1 800 a 2 800 m.s.n.m.

Rendimiento promedio : 3 000 - 7 000 kg/ha

Periodo vegetativo : medio tardío

4.5.3 DEKALB 7088

Es un híbrido simple que fue desarrollado para climas tropicales por MONSANTO. Su adaptación ha sido comprobada para condiciones del litoral ecuatoriano durante los años 2005 - 2008, producido en Brasil.

Días a floración : 60-65

Días a cosecha : 140

Altura de planta : 2,20 a 2,30 m

Altura de inserción a mazorca : 1,45

Cobertura a mazorca : buena

Número de hileras por mazorca : 16-20

Tipo de grano : semi dentado

Color de grano : amarillo anaranjado

Textura de grano : cristalino

4.6 Características del campo experimental

a. Campo experimental

Largo : 63 m.

Ancho : 24 m.

Área : 1 512 m²

b. Bloques

Número : 4 unidades

Largo : 63 m.

Ancho : 6 m.

Área : 378 m²

c. Unidades experimentales

Númer : 36 unidades

Largo : 7 m

Ancho : 6 m

Área : 42 m²

Nro.de surcos por tratamiento : 5 unidades

Distancia de surcos : 1,4 m

Separación de plantas : 0,1 m

Plantas por golpe : 1 unidades

Densidad de plantación : 12 600 plantas

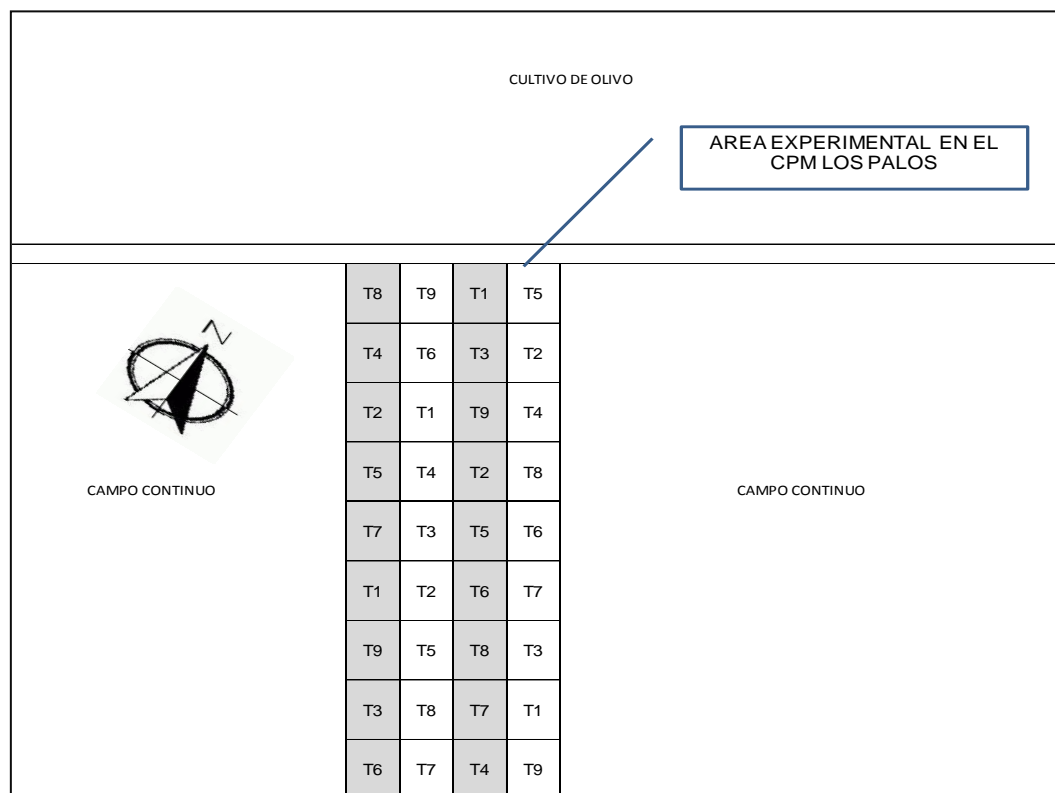


Figura 1. Aleatorización de los tratamientos en el campo experimental

Fuente: elaboración propia

4.7 Métodos estadísticos utilizados

Se utilizó la técnica del análisis de varianza a una probabilidad $\alpha = 0,05$: 0,01 y para la comparación de medias entre tratamientos se utilizó la prueba de significación de Duncan a una probabilidad $\alpha = 0,05$.

4.8 Variables de respuesta

a. Área foliar total

Para esta variable se evaluaron 10 plantas. Se estimó midiendo el largo (cm) x ancho (cm) de la hoja x 0,75 (Tanaka y Yamaguchi, 1984).

b. Altura de planta

Se tomaron diez plantas de forma aleatoria de cada unidad experimental. Se cortaron a 10 cm. del suelo aproximadamente y se midió incluyendo la panoja.

c. Diámetro de tallo

Se midió el grosor de la caña con ayuda de un Vernier. Para tal propósito se tomaran diez muestras al azar de cada unidad experimental.

d. Rendimiento del forraje (t/ha)

Para el rendimiento se pesaron las 10 muestras juntas de cada unidad experimental y luego fueron transformadas a t/ha.

4.9 Diseño de Investigación

Se utilizó el diseño de bloques completos aleatorios (DBCA), con arreglo factorial de 3x3 con una combinación de 9 tratamientos y 4 repeticiones.

4.10 Conducción de Experimento

a. Activación del EM

Los microorganismos presentes en el EM, son bacterias ácido lácticas, bacterias fototróficas y levaduras, las que se encuentran en estado de latencia, se debe activar antes de usarlo. Con un frasco de Microorganismos Eficaces (1 litro) se puede activar 20 litros de EM-activado. Para esto se disolvió 01 litro de melaza (5%) en 18 litros de agua (90%) en un recipiente limpio. Una vez disuelta la melaza se adicionó todo el contenido del frasco EM en la mezcla. Se selló el recipiente y se guardó en un ambiente bajo sombra. A los dos días se destapó con la finalidad de eliminar el exceso de gas acumulado. Aproximadamente a los siete días la

mezcla presentaba un olor agridulce y agradable y un pH de 3,44. Esto nos indica que la activación fue exitosa.

b. Preparación del campo experimental

La preparación del campo experimental se realizó quince (15) días antes de la siembra, esto con la finalidad de acondicionar el terreno para el cultivo. Una vez delimitada el área experimental se procedió a surcar a 1,40 m. entre surco y surco. Posteriormente se añadió el estiércol de vacuno a razón de 10 t/ha. Se delimitaron los tratamientos y se procedió a rociar sobre el estiércol los microorganismos eficaces (activado con 1 semanas de anticipación) haciendo uso de una mochila fumigadora. La aplicación del EM se hizo respetando las dosis correspondientes a los tratamientos. Se taparon los surcos y se extendieron las cintas de riego para proceder a regar.

c. Siembra

La siembra se realizó haciendo uso de una sembradora Earthway operada manualmente la cual trabaja con discos especiales para cada tamaño de semilla. Esta sembradora depositaba una semilla cada 10 cm. a una profundidad no mayor de 5 cm. Para facilitar la maniobrabilidad de la sembradora el

terreno tuvo que regarse tres días antes de la siembra. La cantidad de semilla empleada en el caso de los cultivares Marginal 28T y DEKALB 7088 fue de 30 kg/ha mientras que la del cultivar Opaco malpaso fue de 55 kg/ha.

d. Fertilización

Para este trabajo no se emplearon fertilizantes químicos, se empleó como fuente de fertilizante el estiércol de vacuno el cual fue incorporado en la preparación de terreno, a razón de 7 t/ha, utilizándose 1,05 t. para 1 512 m² (área experimental), así mismo la cantidad de nutrientes presentes en 7 t. de estiércol de vacuno es: 49 kg de N/ha; 42 kg de P₂O₅/ha; y 56 kg de K₂O/ha.

Según el análisis de suelo, posee un aporte en fósforo de 29,31 kg/ha y de 2 534 kg/ha de potasio.

e. Aplicación de microorganismos

La aplicación de los microorganismos se realizó en dosis de 5 y 10%. La aplicación fue tipo pulverización al suelo. El equipo empleado fue una mochila de 20 litros de capacidad. Las aplicaciones se realizaron cada 15 días y se iniciaron 15 días después de la emergencia que es el momento en que la planta se

independiza y no depende de las reservas del grano hasta el momento de la liberación de polen que es cuando los niveles de absorción de nutrientes por parte de la planta decae. El volumen de EM-activado empleado a lo largo del desarrollo del cultivo fue de 72 litros (4 frascos de EM).

f. Riegos

El sistema de riego por goteo, los riegos fueron uniformes e interdiarios, según las necesidades del cultivo, tres riegos a la semana durante 40 minutos de riego. Siendo en la floración etapa de mayor demanda hídrica.

g. Control de plagas

Durante el desarrollo del cultivo solo se realizaron fumigaciones contra infestaciones de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Para su control se empleó un insecticida biológico compuesto por *Bacillus thuringiensis var. Kurstaki* a razón de 200 g/cil. de 200 litros. El nombre comercial del producto es BioSpore. Las aplicaciones se realizaron a penas se presentaron los primeros síntomas de infestación cuando las larvas se encontraban en el 1° y 2° estadio asegurándose que la cobertura sea total. Este insecticida biológico no genera riesgos de toxicidad para el hombre,

organismos benéficos o medio ambiente y no presenta riesgos de fitotoxicidad.

h. Cosecha

La cosecha se realizó cuando la línea de leche estuvo a $\frac{1}{2}$ grano. En este punto los granos en toda la espiga se mostraban firmes pero aún podían marcarse con la uña. Las chalas y las hojas basales se mostraban marrones o secas. Este fue el momento en que se evaluaron las variables del experimento.

CAPITULO V
RESULTADOS Y DISCUCIONES

5.1 Altura de planta

Tabla 5. Análisis de varianza para altura de planta (m) de maíces forrajeros en el CPM los Palos.

F. V.	GL	SC	CM	FC	F α		
					0,05	0,01	
Bloques	3	0,0034	0,0011	0,0733	3,009	4,718	ns
Tratamientos	8	5,0989	0,6373	42,4866	2,355	3,363	**
Cultivares	2	3,2491	1,6245	108,300	3,400	5,610	**
M. eficaces	2	1,0664	0,5332	35,5466	3,400	5,610	**
Cultivares X M.	4	0,7832	0,1958	13,0533	2,780	4,220	**
Eficaces	24	0,356	0,015				
Error							
Total	35	5,1383					

C.V. 1,52%

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 5, del análisis de varianza para la altura de planta, no se halló significación estadística entre los bloques, sin embargo se detectaron diferencias altamente significativas para los tratamientos así como para los factores principales cultivares y microorganismos eficaces, en relación a la interacción también se detectó diferencias altamente significativas por lo tanto los factores en estudio actuaron conjuntamente

con un coeficiente de variación del 1,52 %, dando confiabilidad a los datos obtenidos

Tabla 6. Prueba de significación de Duncan de altura de planta (m) para cultivares de maíces forrajeros en el CPM los Palos.

O.M.	Cultivares	Promedio	α 0,05
1	Opaco malpaso	2,75	a
2	Marginal 28T	2,73	a
3	Dekalb 7088	2,10	b

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6, de significación de Duncan para altura de planta, se observa que los cultivares opaco malpaso y marginal 28T lograron una altura promedio de 2,75 y 2,73 m. respectivamente, superando estadísticamente al cultivar Dekalb 7088 que logro una altura de 2,10 m.

Tabla 7. Prueba de Duncan de altura de planta (m) para dosis de EM, en el CPM los Palos.

OM	EM	promedios	α 0.05
1	5%	2,67	a
2	10%	2,62	b
3	0%	2,28	c

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7, de la prueba de Duncan de altura de planta para dosis de EM, se observa que la dosis del 5% de EM logra el mayor efecto sobre la

altura de planta con 2,67 m, en segundo lugar con 2,62 m se ubica la dosis del 10% de EM. Así mismo la dosis testigo logró una altura promedio de 2,28 m. evidenciando que los microorganismos eficaces tienen influencia positiva sobre la altura de planta.

Tabla 8. Prueba de Duncan de interacción cultivares x EM para altura de planta (m), en el CPM los Palos.

CULTIVARES	EM	Promedio	α 0.05
Marginal 28T	5%	3,03	a
Marginal 28T	10%	2,96	b
Opaco malpaso	5%	2,84	c
Opaco malpaso	10%	2,75	d
Opaco malpaso	0%	2,66	e
Marginal 28T	0%	2,19	f
Dekalb 7088	10%	2,17	f
Dekalb 7088	5%	2,14	f
Dekalb 7088	0%	2,00	g

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 8, de interacción, señala que el cultivar Marginal 28T obtuvo el promedio más alto con 3,03 m. al ser inoculado con 5% de microorganismos eficaces, superando estadísticamente a las demás interacciones, en segundo lugar lo ocupa el mismo cultivar con 2,96 m. al ser inoculado con 10% de microorganismos eficaces. En último lugar se encuentra el cultivar Dekalb 7088 con la dosis 0%, con una altura promedio de 2 m.

Este efecto sugiere que hubo un sinergismo entre hospedantes y simbioses, lo que permitió mejor absorción de elementos esenciales como N y P, los cuales probablemente junto con las fitohormonas secretadas por las bacterias provocaron el mayor desarrollo de la parte aérea del cultivo. Hinojosa (2010), inoculando EM en el cultivo de kiwicha (*Amaranthus caudatus*), alcanzó promedios de altura superiores a los obtenidos en su testigo al cual no inoculó microorganismos eficaces. Mahmoud (1984), detectó sustancias como AIA y GLS en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*) luego de inocular este cultivo con *Azotobacter* sp. Estos metabolitos encontrados mostraron efecto estimulante en la altura de planta y en el peso seco.

5.2 Área foliar total

Tabla 9. Análisis de varianza del área foliar total (cm²) de maíces forrajeros en el CPM los Palos.

F. V.	GL	SC	CM	FC	Fa		
					0.05	0.01	
Bloques	3	416199,1	138733	0,293	3,009	4,718	ns
Tratamientos	8	3,27383E+07	409288	8,636	2,355	3,363	**
Cultivares	2	2,13801E+07	1,069005E+07	22,560	3,400	5,610	**
M. eficaces	2	9722197	4861099	10,258	3,400	5,610	**
Cultivares X M. Eficaces	4	1636011	409002,80	3,863	2,780	4,220	*
Error	24	1,137235E+07	473847,70				
Total	5	4,452685E+07					
C.V. 9,05%							

Fuente. Elaboración propia

Según la tabla 9, del análisis de varianza de área foliar, no se halló significación estadística entre los bloques sin embargo se detectó diferencias altamente significativas para los tratamientos así como para los factores principales cultivares y microorganismos eficaces; en relación a la interacción también se detectó diferencias significativas por lo tanto los factores en estudio actuaron conjuntamente con un coeficiente de variación del 9,05 %, dando confiabilidad a los datos obtenidos.

Tabla 10. Prueba de significación de Duncan para área foliar total de cultivares de maíz forrajeros en el CPM los Palos.

O.M.	Cultivares	Promedio	α 0,05
1	Opaco malpaso	8 554,83	a
2	Marginal 28T	7 575,92	b
3	Dekalb 7088	6 667	c

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 10, de prueba de Duncan para área foliar, se observa que el cultivar opaco malpaso obtuvo 8 554,43 cm² de superficie foliar, superando a las demás, marginal 28T logró 7 575,92 cm² y Dekalb 7088 obtuvo una área foliar de 6 667 cm², demostrándose que Opaco malpaso es un cultivar que brinda un mayor volumen de forraje.

Tabla 11. Prueba de significancia de Duncan de área foliar total (cm²) para dosis de EM, en el CPM los palos.

O.M.	EM	Promedio	α 0,05
1	5%	8066,08	a
2	10%	7863,33	a
<u>3</u>	0%	6868,33	b

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 11, de la prueba de Duncan del área foliar para las dosis de EM, se observa que las dosis del 5% con 8 066,08 cm² y 10% con 7 863,33 cm², son estadísticamente similares y superiores al testigo.

Tabla 12. Prueba de Duncan de la interacción de cultivares x EM para área foliar total (cm²), en el CPM los palos.

CULTIVARES	EM	Promedio	α 0.05
Opaco malpaso	10%	8 964	a
Opaco malpaso	5%	8 786,25	ab
Marginal 28T	5%	7 925	abc
Opaco malpaso	0%	7 914,25	abc
Marginal 28T	10%	7 806,25	bc
Dekalb 7088	5%	7 487	c
Marginal 28T	0%	6 996,5	c
Dekalb 7088	10%	6 819,75	c
Dekalb 7088	0%	5 694,25	d

Fuente: Elaboración propia

En la tabla12, la prueba de significación de Duncan para la interacción de cultivares por EM para Área foliar total, se aprecia que los tratamientos

Opaco malpaso inoculado con el 10% y 5%, Marginal 28T inoculado con 5% y Opaco malpaso por 0% de microorganismos eficaces, alcanzaron promedios similares siendo estos 8 964 cm²; 8 786,25 cm²; 7 925 cm² y 7914,25 cm² respectivamente, superando significativamente a los demás tratamientos.

En el último lugar se observa al cultivar Dekalb 7088 con una dosis del 0% logro un área foliar de 5 694,25 cm².

Montoro (2007), reportó mayor área foliar en el cultivo de espinaca en tratamientos con inoculaciones de EM (1%, 3% y 5%) cuyos valores eran de 200, 199 y 196 cm² respectivamente frente al testigo (155 cm²) que no incluía inoculación de EM. Estos resultados indican que el desarrollo de las raíces, favorecido por el efecto de la inoculación de microorganismos eficaces, se manifestó directamente en mayor crecimiento de la parte aérea del cultivo.

5.3 Diámetro de tallo

Tabla 13. Análisis de varianza del diámetro del tallo (cm) de cultivares de maíz forrajeros en el CPM los Palos.

F.V.	GL	SC	CM	FC	F α		
					0,05	0,01	
Bloques	3	0,0094	0,0031	1,347	3,009	4,718	ns
Tratamientos	8	1,5240	0,1905	82,826	2,355	3,363	**
Cultivares	2	0,1200	0,0600	25,933	3,400	5,610	**
M. eficaces	2	0,792	0,3963	171,234	3,400	5,610	**
Cultivares X M. Eficientes	4	0,611	0,1528	66,027	2,780	4,220	**
Error	24	0,055	0,0023				
Total	35	1,589					
C.V. 2,22%							

Fuente. Elaboración propia

Según la tabla 13, del análisis de varianza de diámetro del tallo, no se halló significación estadística entre los bloques sin embargo se detectó diferencias altamente significativas para los tratamientos, para los factores principales cultivares y microorganismos eficaces hubo significación estadística, en relación a la interacción se detectó diferencias altamente significativas por lo tanto los factores en estudio actuaron conjuntamente con un coeficiente de variación del 2,22 %, dando confiabilidad a los datos obtenidos.

Tabla 14. Prueba de significación de Duncan de diámetro de tallo para cultivares de maíces forrajeros en el CPM los palos.

O.M.	Cultivares	Promedio	α 0,05
1	Marginal 28T	2,23	a
2	Opaco malpaso	2,15	b
3	Dekalb 7088	2,09	c

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 14, de prueba de Duncan de diámetro del tallo para cultivares de maíces, se observa que marginal 28T obtuvo un diámetro de 2,23 cm, superando estadísticamente a las demás, en segundo lugar con 2,15 cm se ubica Opaco malpaso, y en último lugar se observa Dekalb 7088 con 2,09 cm.

Tabla 15. Prueba de significancia de Duncan de diámetro de tallo para dosis de EM, en el CPM los palos.

OM	EM	Promedio	α 0,05
1	10%	2,28	a
2	5%	2,24	a
3	0%	1,95	b

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 15, de la prueba de Duncan de diámetro del tallo para dosis de EM, se observa que la dosis del 10% logra el mayor promedio de diámetro de tallo con 2,28 cm seguido de la dosis 5% con 2,24 cm, ambas

dosis poseen resultados estadísticamente similares y superiores al testigo (sin aplicación), el mismo que logró 1,95 cm de diámetro.

Tabla 16. Prueba de Duncan para la interacción de cultivares por EM para diámetro de tallo, en el CPM los palos

CULTIVARES	EM	Promedio	α 0.05
Marginal 28T	10%	2,49	a
Marginal 28T	5%	2,42	b
Dekalb 7088	10%	2,19	c
Dekalb 7088	5%	2,17	c
Opaco malpaso	10%	2,15	c
Opaco malpaso	0%	2,15	c
Opaco malpaso	5%	2,14	c
Dekalb 7088	0%	1,92	d
Marginal 28T	0%	1,79	e

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 16, la prueba de significación de Duncan para la interacción de cultivares por EM para diámetro de tallo, se observa que el cultivar Marginal 28T obtuvo el mayor diámetro de tallo de 2,49 cm con la aplicación del 10% de microorganismos eficaces, superando a los demás tratamientos, en segundo lugar se encuentra Marginal 28T, con una dosis del 5% logrando un diámetro de tallo de 2,42 cm.

Gonzales y Roque (1993), señalan que esta variable tiene importancia agronómica debido a que un grosor apropiado le otorga mayor resistencia

a la planta contra factores ambientales como el viento. Así mismo posee una relación directa con el tamaño de mazorca, lo cual contribuye a una mayor concentración de proteínas.

5.4 Rendimiento de forraje

Tabla 17. Análisis de varianza del rendimiento forraje verde (t/ha) de cultivares de maíz en el CPM los Palos.

F. V.	GL	SC	CM	FC	Fa		
					0,05	0,01	
Bloques	3	14,690	4,896	1,161	3,009	4,718	ns
Tratamientos	8	11457,82	1432,228	339,551	2,355	3,363	**
Cultivares	2	7716,596	3858,298	914,59	3,400	5,610	**
M. eficaces	2	2983,357	1491,678	353,292	3,400	5,610	**
Cultivares X M. Eficientes	4	757,867	189,466	44,911	2,780	4,220	**
Error	24	101,247	4,218				
Total	35	11573,760					

C.V. 3,53%

Fuente. Elaboración propia

Según la tabla 17, del análisis de la varianza para rendimiento del forraje, no se halló significación estadística entre los bloques, sin embargo se detectó diferencias altamente significativas para los tratamientos, así como para los factores principales cultivares y microorganismos eficientes en relación a la interacción también se detectó diferencias altamente significativas por lo tanto los factores en estudio

actuaron conjuntamente con un coeficiente de variación del 3,53 %, dando confiabilidad a los datos obtenidos.

Tabla 18. Prueba de significación de Duncan de rendimiento de forraje verde para cultivares de maíces en el CPM los palos.

O.M.	Cultivares	Promedio	α 0,05
1	Opaco malpaso	75,32	a
2	Marginal 28T	59,46	b
3	Dekalb 7088	39,56	c

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 18, de la prueba de Duncan de rendimiento de forraje para cultivares de maíces, se observa que Opaco malpaso logra 75,32 t/ha siendo estadísticamente superior a Marginal 28T y Dekalb 7088, los cuales lograron rendimientos de 59,46 y 39,56 t/ha respectivamente.

Tabla 19. Prueba de significancia de Duncan de rendimiento de forraje para dosis de EM en el CPM los palos.

OM	EM	Promedio	α 0,05
1	10%	67,59	a
2	5%	60,92	b
3	0%	45,82	c

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 19, de la prueba de Duncan de rendimiento de forraje para dosis de EM, se observa que la dosis del 10% obtuvo el mayor

rendimiento de forraje con 67,59 t/ha, en segundo lugar lo ocupa a dosis del 5% con 60,92 t/ha, sin embargo el tratamiento 0% (sin aplicación) logró 45,82 t/ha.

Según estos resultados se evidencia un efecto positivo de los microorganismos eficaces sobre las características fenotípicas de la planta confiriendo mayores rendimientos de forraje, debido a que favorece la liberación y asimilación de nutrientes esenciales fijados en la rizósfera del suelo.

Tabla 20. Prueba de Duncan para la interacción de cultivares por EM en el rendimiento del forraje verde (t/ha)

CULTIVARES	EM	Promedio	α 0.05
Opaco malpaso	10%	86,91	a
Opaco malpaso	5%	78,63	b
Marginal 28T	10%	72,79	c
Marginal 28T	5%	64,54	d
Opaco malpaso	0%	60,4	e
Dekalb 7088	10%	43,08	f
Marginal 28T	0%	41,04	fg
Dekalb 7088	5%	39,6	g
Dekalb 7088	0%	36,01	h

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 20, la prueba de significación de Duncan para la interacción de cultivares por EM en el rendimiento de forraje, se aprecia en primer lugar al tratamiento Opaco malpaso por 10% de EM con un rendimiento

de 86,91 t/ha, el segundo lugar se ubica la interacción Opaco malpaso por 5% de EM con 78,63 t/ha y en último lugar se encuentra a Dekalb 7088 por 0% de EM con 36,01 t/ha de forraje verde.

Los rendimientos de forraje que se puedan obtener varían según la variedad, la fertilidad del suelo, la edad del corte y la densidad de siembra (Aldrich y Leng, 1974). Como se puede apreciar en la tabla 20, los cultivares Opaco malpaso y Marginal 28T obtuvieron rendimientos mayores en comparación a Dekalb 7088, este resultado puede explicarse debido a la especificidad que existe entre hospedero y microorganismos. El genotipo de los organismos involucrados puede jugar un papel importante en la conformación de la asociación entre microorganismos y plantas y determinar el resultado biológico de dicha asociación (Smith y Goodman, 1999).

Al respecto en un estudio realizado en cuatro genotipos de maíz, se observó que dos de ellos respondieron favorablemente a la inoculación de *Azospirillum sp*; los otros dos presentaron una respuesta mínima a la inoculación (García de Salamone *et al.*, 1996). La capacidad de las bacterias para afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas, no solo depende de su abundancia, si no de su capacidad para proliferar a través de la raíz (Loper *et al.*, 1985). La manipulación de los microorganismos

eficaces como inóculos para la promoción del crecimiento de las plantas es limitada su información. Por esta razón, se requieren de mayores estudios en condiciones de campo, para conocer la influencia de los microorganismos eficientes.

CONCLUSIONES

El cultivar con mayor rendimiento de forraje fue el Opaco Malpaso, debido a que con una dosis del 10% de EM (microorganismos eficaces) se logró 86,91 t/ha. y con una dosis del 5% de EM se obtuvo un rendimiento de forraje de 78,63 t/ha, superando a las demás variedades.

RECOMENDACIONES

Según la investigación realizada se recomienda, utilizar la variedad Opaco Malpaso, con una dosis del 10% de microorganismo eficaces para obtener rendimientos de 86 t/ha de forraje.

Realizar investigaciones utilizando dosis más altas de microorganismos eficaces con distintos abonos de fondo, y determinar la dosis adecuada de aplicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aldrich, S. & Leng, E. (1974). *Producción moderna de maíz*. Editorial hemisferio Sur. Argentina. 308pp
- Alexander, D.E. (1965). *Relationship of Kernel oil content to yield in maize*. CropSci.
- Aguilar, H. (1987). *El Maíz en los trópicos, mejoramiento y producción*. Editorial Universitaria 125p.
- Arias, A. (2010). *Microorganismos Eficientes y sus Beneficios para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Univ. Autónoma de Cauca, Colombia 45 p.
- Artursson, V., Finlay, RD. & Jansson, JK. (2006). *Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth*. Environmental Microbiology. 8(1):1-10
- Bernal, J. (2005). *Manual de manejo de pastos cultivados para zonas alto andinas*. Dirección de Crianzas. DGPA. Ministerio de Agricultura. Perú.

- Caballero-Mellano, J. (2006). *Microbiología Agrícola e Interacciones Microbianas con plantas*. Rev. Latinoamericana de Microbiología. 48(2): 154-161
- Castellanos, A. (2004). *Tres Bacterias para el Nuevo Siglo*. UN Periódico. Bogotá, Colombia.
- Castillo, G. (2009). *Efecto de microorganismos eficaces en el enraizamiento de esquejes de cedrón en diferentes sustratos en la ciudad de Huaraz 3100 m.s.n.m.* Tesis para Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Ancash – Perú.
- Castillos, C.E. (1967). *Relación Proteína – aceite en el grano de maíz*. Tesis para Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Chanway, C., Hynes, R. & Nelson, L. (1989). *Plant Growth promoting rhizobacteria: Effects on growth and nitrogenfixation of lentil (Lens esculenta Moench) and pea (Pisum sativum L.)*. Soil Biol. Biochem. 21: 511- 517.
- Domínguez, A. (1990). *El abonado de los cultivos*. Agroguías. Ediciones Mundiprensa. 184 p.

- Ezziyyani, M., Perez, C. & Requena, J. (2004). *Evaluación del biocontrol de Phytophthora capsici en pimiento (Capsicum annuum L.) por tratamiento con Bhurkolderia cepacia*. Anales de Biología.
- Fischer, K.S. & Palmer, F.E. (1984). *Tropical maize*. In *The physiology of tropical field crops*. Ed by P.R. Golds worthy and N.M Fischer. Chichester, Wiley. p. 213-248.
- Fuentes, L. (1999). *El Suelo y los Fertilizantes*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundiprensa.
- García de Salamone, I.; Dobereiner, J.; Urquiaga, S.; Boddey, R. (1996). *Biological nitrogen fixation in Azospirillum strain-maize genotype associations as evaluated by the ¹⁵N isotope dilution technique*. Biol. Fert. Soil 23:249-256.
- Gómez, J. (2004). *Aceleradores de materia orgánica*. Asiava (67). Universidad Nacional de Colombia. Palmira. Colombia.
- Gonzales, H. & Roque, L. (1993). *Efecto de diferentes niveles de aplicación de nitrógeno en el crecimiento y desarrollo de maíz en labranza cero y condiciones de riego* 21 p.

Guerrero, A. (1992). *El Cultivo del Maíz Moderno*. AGT Editora S.A. México 458 p.

Higa, T. (1993). *Una Revolución para salvar la Tierra*. Trad. M. del Mar Riera. Okinawa, Japón- EM Research Organization. 330 p.

Higa, T. & Parr James, F. (1996). *Microorganismos en el Suelo*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Maryland, EE.UU.

Higa, T. (2003). Clinical and Basic Medical Reserch on EM-X, A Collection of Research Papers (volumen 4). The 2nd Internacional Medical Conference. Okinawa, Japan.

Hinostroza, E. (2010). *Efecto de la combinación de microorganismos eficaces y compost en rendimiento del cultivo de kiwicha en el Distrito de Matos, Provincia de Huaylas*. Tesis para Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Ancash – Perú.

Holle, M. (1962). *Cultivo de Hortalizas*. Imprenta CMCP. Lima Perú 126 p.

Huamanchumo, C. (2013). *La cadena de valor de maíz en el Perú. Diagnóstico del estado actual, tendencias y perspectivas*. IICA. Lima-Perú. 95 p.

- Jurado, P. (2014). *Paquete tecnológico para la producción de maíz forrajero en chihuahua*; México, 43 p.
- Kiesselback, T. (1962). *Corn investigation. Nebr. Agr. Exp. Sta. Res. Bull* No 20: 5-151.
- Kloepper, JW. , Schipper, B. & Bakker, P. (1992). *Proposed elimination of the term endorhizosphere. Phytopathology* 82: 726-727
- Kloepper, JW., Lifshitz, R. & Zablutowiez, RM. (1989). *Free-living bacterial inoculate for enhancing crop productivity. Trends Biotechnol*, 7:39-44
- Kyan, T. (1999). *Kysue Nature Farming and the Technology of Effective Microorganisms. Guidelines for Practical Use. INFRC, Atami, Japan and APNAN, Bangkok, Thailand* 44 p.
- Loper, J., Hacck, C. & Schoth, M. (1985). *Population dynamics of soil pseudomonads in the rhizosphere of potato. Appl. Environ. Microbiol.* 49: 416-422.
- Lugtemberg, B. & Kamilova, F. (2009). *Plant Growth Promoting Rhizobacteria. Annu. Rev. Microbiol.* 63:541-556

- Mahmoud, S., Ramadan, E. & Khater T. (1984). *Production of plant growth promoting substances by rhizosphere microorganisms*. Zentralbl. Mikrobiol. 139: 227-232
- Manrique, A. (1997). *El Maíz en el Perú. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONCYTEC*. Lima-Perú. 362 p.
- Maluenda, J. (2014). *Máximos históricos en producción, consume y stocks en maíz*. Campaña 2014-715. CIC.
- Mauz, F. (2006). *Microorganismos Efectivos. La solución ideal para el medio ambiente. Trad. Marie Luise Schicht*. RBA libros Barcelona 235.
- Medina, D. (2009). *Abonos orgánicos y microorganismos eficaces en dos variedades de melón en la región Moquegua*. Tesis para Ing. Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano.
- Montoro, P. (2007). *Efecto de tres niveles de microorganismos eficaces en el rendimiento del cultivo de espinaca*. Tesis para Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Ancash – Perú.

- Paratori, O. (1995). *El Cultivo del Maíz. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación. La Platina. Santiago de Chile. 170 p.*
- Pigurina, G. (1992). *Ensilajes en Establecimientos Lecheros. Instituto de Investigación Agropecuaria, Editorial agropecuaria Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay, Serie Técnica N° 29.*
- Pigurina, G. & Pérez, E. (1994). *Momento de cosecha de maíz para ensilaje. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo Uruguay. Serie Técnica N° 43.*
- Purseglove, J.W. (1972). *Tropical crops: monocotyledons, vol 1. Londres, Long man Group Limited. 334p.*
- Rodríguez, R, & De león, C. (2008). *El cultivo del maíz,temas selectos. Edición, Mundi Prensa México. Vol. 1, 127p.*
- Sánchez, H. (1966). *El Maíz: Composición química y su utilización. Boletín del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz. Lima, Universidad Nacional Agraria la Molina.*

- Santa María, O. (1994). *Evaluación del rendimiento de Forraje en 7 cultivares de Maíz*. Tesis para Ing. Agrónomo. Biblioteca Especializada FCAG-UNJBG. Tacna, Perú.
- SIEA (2016). *Sistema Integrado de Estadística Agropecuaria*. Boletín Estadístico de Producción Agrícola, Pecuaria y Avícola.
- Smith, K. & Goodman, R. (1999). *Host variation for interactions with beneficial plant-associated microbes*. Annu. Rev. Phytophatol. 37: 473-491.
- Soria, S. (2009). *Efecto de los microorganismos eficaces en la propagación de chirimoya en diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero en la provincia de Huaraz (3100 m.s.n.m.)*. Tesis para Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Ancash – Perú.
- Tanaka, A. & Yamaguchi, J. (1984). *Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz*. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo México. 120 p.
- Teves, E. (2009). *Comportamiento del compost normal y compost inoculado con dos dosis de microorganismos eficaces en el cultivo*

de cocona ecotipo Pera Amarilla en el valle de San Gabán – Puno. Tesis para Ing. Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano.

Ticona, R. (2009). *Rendimiento de dos cultivares de espinaca con aplicación de estiércoles de ovino y microorganismos eficaces en condiciones de invernadero – Puno.* . Tesis para Ing. Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano.

Torres, R., Pérez, C. & Suarez, N. (2013). *Influencia de la Inoculación de Rizobacterias sobre la germinación de semillas de frejol común (Phaseolus vulgaris L.)* Centro Agrícola 30: 56-69

Valdivia, J. (2009). *Producción de Plantones Forestales con microorganismos eficaces en el vivero de San Juan de Potojani, Chucuito – Puno.* . Tesis para Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Altiplano.

Zhuang, X., Chen, J., Shim, H. & Baj, Z. (2007). New Advances in Plant Growth-promoting rhizobacteria for bioremediation. *Environment Internacional*, 33: 406-413.

ANEXOS

Anexo 1. Altura de planta (m)

N°	Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
1	a ₁ b ₀	2,62	2,67	2,65	2,68	2,65
2	a ₁ b ₁	2,76	2,81	2,92	2,85	2,75
3	a ₁ b ₂	2,75	2,71	2,77	2,76	2,84
4	a ₂ b ₀	2,19	2,20	2,22	2,16	2,19
5	a ₂ b ₁	3,01	3,05	2,99	3,06	3,03
6	a ₂ b ₂	2,99	2,98	2,95	2,92	2,96
7	a ₃ b ₀	2,00	1,95	2,02	2,02	1,98
8	a ₃ b ₁	2,15	2,16	2,12	2,11	2,14
9	a ₃ b ₂	2,19	2,10	2,22	2,15	2,17

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Diámetro del tallo (cm)

N°	Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
1	a ₁ b ₀	2,12	2,11	2,22	2,15	2,15
2	a ₁ b ₁	2,14	2,13	2,15	2,14	2,14
3	a ₁ b ₂	2,15	2,14	2,16	2,16	2,15
4	a ₂ b ₀	1,70	1,82	1,81	1,81	1,78
5	a ₂ b ₁	2,43	2,50	2,41	2,32	2,41
6	a ₂ b ₂	2,43	2,53	2,48	2,52	2,49
7	a ₃ b ₀	1,88	1,99	1,86	1,96	1,92
8	a ₃ b ₁	2,18	2,19	2,15	2,15	2,17
9	a ₃ b ₂	2,19	2,22	2,16	2,19	2,19

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Área foliar total (cm²)

N°	Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
1	a ₁ b ₀	7 218	8 692	7 132	8 615	7 914
2	a ₁ b ₁	8 988	8 715	8 932	8 510	8 786
3	a ₁ b ₂	8 902	8 915	9 123	8 916	8 964
4	a ₂ b ₀	8 589	6 960	6 215	6 222	6 997
5	a ₂ b ₁	6 455	8 432	8 025	8 788	7 925
6	a ₂ b ₂	8 115	7 632	8 455	7 023	7 806
7	a ₃ b ₀	5 575	5 678	5 812	5 712	5 694
8	a ₃ b ₁	7 538	7 432	7 452	7 526	7 487
9	a ₃ b ₂	7 315	7 111	6 812	6 041	6 820

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Rendimiento de forraje verde (t/ha)

N°	Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
1	a ₁ b ₀	60,49	57,36	62,38	61,38	60,40
2	a ₁ b ₁	81,36	78,57	74,79	79,81	78,63
3	a ₁ b ₂	90,42	85,85	84,62	86,76	86,91
4	a ₂ b ₀	39,96	40,92	41,42	41,85	41,03
5	a ₂ b ₁	63,57	65,54	65,30	63,73	64,53
6	a ₂ b ₂	74,50	67,92	75,80	72,95	72,79
7	a ₃ b ₀	34,76	35,54	37,88	35,87	36,01
8	a ₃ b ₁	39,25	40,54	38,24	40,37	39,60
9	a ₃ b ₂	45,56	41,97	41,54	43,23	43,07

Fuente: Elaboración propia.