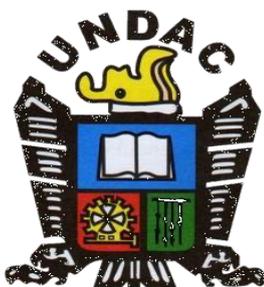


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**Efecto de microorganismos eficientes (EM) en la asimilación
del Fosforo en el cultivo de Maíz (*Zea mays* L.)**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autor : Bach. Albert Herly LLANQUI ALLCCA HUAMAN

Bach. Jorge Luis TAYPE RODAS

Asesor : Ing. Iván SOTOMAYOR CORDOVA

La Merced – Perú – 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**Efecto de microorganismos eficientes (EM) en la asimilación
del Fosforo en el cultivo de Maíz (*Zea mays* L.)**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

**Dr. Luis Antonio HUANES TOVAR
PRESIDENTE**

**Dra. Nilda HILARIO ROMAN
MIEMBRO**

**Ing. Hugo Rómulo BUENDIA PONCE
MIEMBRO**

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedicamos primordialmente a Dios por darnos vida, a nuestra familia quienes con cariño y voluntad han estado dándonos el apoyo incondicional el ánimo de seguir adelante y terminar esta carrera con éxito, en especial a mis padres por todo el esfuerzo y brindarnos el apoyo incondicional en todos los aspectos y por su inagotable búsqueda de nuestra superación, no hay palabras en este mundo para agradecer todo lo hecho por nosotros.

A mi asesor por el apoyo brindado y las sugerencias respectivas durante el desarrollo del presente trabajo.

RECONOCIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han contribuido en la cristalización del presente trabajo de investigación, particularmente:

1. A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía – Filial La Merced; por habernos albergado y haber hecho posible nuestra formación académica a través de las enseñanzas impartidas por los docentes.
2. A nuestro asesor Ing. Iván SOTOMAYOR CÓRDOVA, por brindarnos su tiempo, conocimiento y apoyo para la realización de este trabajo de tesis.
3. A todas las personas mencionadas manifestarles un fraterno agradecimiento.

RESUMEN

El trabajo de investigación fue ejecutado en la localidad de Luz María, en el distrito de Perene durante la campaña agrícola 2017-2018, se evaluó el efecto de los microorganismos eficientes (EM) en la asimilación del fósforo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). El diseño experimental empleado fue de bloques completamente randomizados (BCR) con arreglo factorial de 3 x 4 y 3 repeticiones por tratamiento, siendo la conformación de los tratamientos: T1 (0 cc/moch de EM. + 150 - 0 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T2 (0 cc/moch de EM. + 150 - 50 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T3 (0 cc/moch de EM. + 150 - 100 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T4 (0 cc/moch de EM. + 150 - 150 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T5 (50 cc/moch de EM. + 150 - 0 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T6 (50 cc/moch de EM. + 150 - 50 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T7 (50 cc/moch de ME. + 150 - 100 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T8 (50 cc/moch de EM. + 150 - 150 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T9 (100 cc/moch de EM. + 150 - 0 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T10 (100 cc/moch de EM. + 150 - 50 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T11 (100 cc/moch de EM. + 150 - 100 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T12 (100 cc/moch de EM. + 150 - 150 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O). Se evaluaron los parámetros a partir del desarrollo fenológico: Número de mazorcas por planta, Altura de planta, Longitud de raíces, Diámetro de tallo, Peso fresco de la planta, Longitud de mazorca, Peso de grano seco/mazorca. A partir del análisis de varianza realizado a las variables en estudio se determinó que todas las medias de los tratamientos para el factor A (dosis de EM) son diferentes en todas las variables estudiadas. En la asimilación del fósforo, se determinó que todas las medias de los tratamientos para el factor B (dosis de fósforo) son diferentes

en todas las variables estudiadas a excepción del variable diámetro de tallo en la que las medias de los tratamientos no tienen diferencia. Para la interacción de los factores A x B (Dosis de microorganismos eficientes x Dosis de fósforo), el análisis de varianza determinó que existe diferencia entre los promedios de los tratamientos para las variables altura de planta, longitud de raíces y peso de grano por mazorca, en contraste, para las demás variables estudiadas (número de mazorcas por planta, diámetro de tallo, peso fresco de planta y longitud de mazorca) el análisis de varianza determinó que no existe diferencia entre los promedios de los tratamientos.

Palabras clave: Asimilación del fosforo; cultivo del maíz

ABSTRACT

The research work was carried out in the town of Luz María, in the district of Perene during the 2017-2018 agricultural campaign, the effect of efficient microorganisms (EM) on the assimilation of phosphorus in corn cultivation (*Zea mays*) was evaluated L.). The experimental design used was completely randomized blocks (BCR) with a factorial arrangement of 3 x 4 and 3 repetitions per treatment, being the conformation of the treatments: T1 (0 cc/moch de EM. + 150 - 0 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T2 (0 cc/moch de EM. + 150 - 50 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T3 (0 cc/moch de EM. + 150 - 100 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T4 (0 cc/moch de EM. + 150 - 150 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T5 (50 cc/moch de EM. + 150 - 0 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T6 (50 cc/moch de EM. + 150 - 50 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T7 (50 cc/moch de EM. + 150 - 100 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T8 (50 cc/moch de EM. + 150 - 150 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T9 (100 cc/moch de EM. + 150 - 0 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T10 (100 cc/moch de EM. + 150 - 50 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T11 (100 cc/moch de EM. + 150 - 100 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O), T12 (100 cc/moch de ME. + 150 - 150 - 80 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O). The parameters were evaluated from the phenological development: Number of ears per plant, Plant height, Root length, Stem diameter, Fresh plant weight, Ear length, Dry grain / ear weight. From the analysis of variance made to the variables under study, it was determined that all the means of the treatments for factor A (dose of EM) are different in all the variables studied. In the assimilation of phosphorus, it was determined that all the means of the treatments for factor B (phosphorus dose) are different in all the variables studied with the exception of the variable stem

diameter in which the means of the treatments have no difference . For the interaction of the factors A x B (Dose of efficient microorganisms x Phosphorus dose), the analysis of variance determined that there is a difference between the treatment averages for the variables plant height, root length and grain weight per ear , in contrast, for the other variables studied (number of ears per plant, stem diameter, fresh plant weight and ear length) the analysis of variance determined that there is no difference between the treatment averages.

Keyword: Phosphorus assimilation; corn cultivation

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, nuestro país ha tenido problemas de producción y productividad que se atribuyen a la pérdida de fertilidad del suelo, uso de variedades de baja producción o al mal uso de los nuevos híbridos de gran potencial de rendimiento. Sin embargo, se ha demostrado que los rendimientos se pueden incrementar apreciablemente con el uso de adecuada tecnología que incluye un mejor manejo del cultivo en lo que respecta a la nutrición.

La fertilización de manera general, es uno de los factores decisivos para lograr altos rendimientos, entre los macro elementos, el fósforo, es uno de los limitantes en los suelos de esta zona, por su baja presencia y disponibilidad, por tal razón es necesario un suministro adecuado de este fertilizante fosforado. Además del factor genético, el uso de fertilizantes químicos, es importante para incrementar la producción de grano.

La mayoría de los suelos tropicales y subtropicales son deficientes en fósforo biodisponible, por lo que el empleo de bacterias promotoras del crecimiento vegetal, principalmente las solubilizadoras de fosfato, pueden reducir el uso de fertilizantes químicos.

La respuesta de los cultivos a la fertilización fosfatada depende del nivel de P disponible en el suelo, pero también es afectada por factores del suelo, del cultivo y de manejo del fertilizante. Entre los factores del suelo, se destacan la textura, la temperatura, el contenido de materia orgánica y el pH; mientras que entre los del cultivo deben mencionarse los requerimientos y el nivel de rendimiento.

El desarrollo del trabajo nos permitió conocer una panorámica actual acerca de los principales géneros y mecanismos de acción de las bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSF), así como analizar su posible empleo en cultivos de importancia económica. La utilización de géneros bacterianos con mayores potencialidades de uso como *Pseudomonas* y *Bacillus* unido a aislados promisorios de *Azospirillum* y *Herbaspirillum* en cultivos como arroz y café permitiría reducir a largo plazo el uso de productos químicos en la agricultura, así como desarrollar estrategias agronómicas que preserven el medio ambiente.

INDICE

| | |
|----------------|--|
| DEDICATORIA | |
| RECONOCIMIENTO | |
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| INTRODUCCIÓN | |
| INDICE | |

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

| | |
|---|---|
| 1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... | 3 |
| 1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 4 |
| 1.3.1. Problema principal..... | 4 |
| 1.3.2. Problemas específicos..... | 4 |
| 1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS..... | 4 |
| 1.4.1. Objetivo general..... | 4 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 5 |
| 1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... | 5 |
| 1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 7 |

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

| | |
|---|----|
| 2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO..... | 8 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS..... | 12 |
| 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BASICOS..... | 37 |
| 2.4. FORMULACIÓN DE LA HIPOTESIS..... | 38 |
| 2.4.1. Hipótesis general..... | 38 |
| 2.4.2. Hipótesis específicas..... | 38 |
| 2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES..... | 38 |
| 2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES..... | 38 |

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

| | |
|-----------------------------------|----|
| 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 40 |
| 3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN..... | 40 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 40 |
| 3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 42 |
| 3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 42 |
| 3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS..... | 42 |
| 3.7. TRATAMIENTO ESTADISTICO | 42 |
| 3.8. SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN | 42 |
| 3.9. ORIENTACIÓN ÉTICA | 43 |

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|--|-----------|
| 4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO..... | 44 |
| 4.2. PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... | 53 |
| 4.2.2 Longitud de raíces..... | 61 |
| 4.3. PRUEBA DE HIPOTESIS | 80 |
| 4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 81 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Luego del nitrógeno, el fósforo es un fertilizante esencial para el desarrollo y crecimiento de las plantas como para microorganismos. Su principal función fisiológica es intervenir en procesos de acumulación y liberación de energía durante el metabolismo celular; sin embargo, el fósforo soluble es un nutriente limitado para producción de biomasa en un ecosistema natural.

Teniendo en cuenta la importancia del fósforo como el segundo nutriente inorgánico, necesario para las plantas y los microorganismos como parte esencial del ARN, ADN, ATP y de fosfolípidos, los cultivos agrícolas en su mayoría requieren cerca de 10 a 30 Kg de fósforo/Ha que muchas veces debe ser suministrado en forma de fertilizantes químicos. El fósforo presente en los fertilizantes fosfatados que se encuentra soluble, pasa a

formas no disponibles para las plantas; es así como gran parte de los fertilizantes tienden rápidamente a acumularse en forma de fosfatos insolubles lo que provoca cambios en el pH del suelo generando inmovilización química del fosfato por metales pesados.

Una deficiencia de fósforo en las plantas puede llevar a manifestaciones de signos en hojas, pero influye en el crecimiento haciéndolo lento y retrasando la maduración, hay posibilidad de obtener un menor desarrollo radicular, menor floración y menor cuajado de los frutos. Por otro lado, el compost presenta una gran alternativa de solución a este problema, pues su elevada carga enzimática y bacteriana aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que puedan ser asimilables por las raíces. La presencia de materia orgánica reduce la inmovilización por adsorción del fósforo debido a que el Fe, Al o Ca se combinan con los ácidos húmicos o ácidos orgánicos producto de la descomposición de la materia orgánica dejando libres los iones fosfatos.

Es necesario y de gran importancia la presencia de microorganismos que desarrollen mecanismos para incrementar la disponibilidad del fósforo para los cultivos siendo capaces de movilizar el fosfato insoluble a formas solubles disponibles para plantas; estos microorganismos reciben el nombre de microorganismo solubilizadores de fosfatos. Conocer y reproducir la microflora con actividad fosfato solubilizadora presente en compost y bioabonos, representa ventajas para los productores de este tipo de materia orgánica, incrementando a la vez la viabilidad del fósforo

en el suelo ayudando a reducir la aplicación de fósforo en forma de fertilizantes químicos, reduciendo la contaminación química en suelos y promoviendo una agricultura sostenible.

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Los procesos que controlan la absorción de nutrientes por el cultivo son complejos. Entre ellos se incluyen no solamente los mecanismos de absorción por las raíces, sino también la dinámica del nutriente en el suelo y las interacciones entre el crecimiento de las raíces con el comportamiento físico-químico de los suelos (Loneragan, 1997).

En el cultivo de maíz el suministro de P provendría de la difusión en un 80% siendo absorbido desde la solución del suelo como ion ortofosfato o fosfato mono o diácido, contra un gradiente electroquímico, implicando gasto de energía por parte del cultivo. El P absorbido no necesita ser reducido para su asimilación integrándose rápidamente a compuestos orgánicos. El P se acumula en partes vegetativas hasta la floración, para luego ser removilizado hacia los granos en crecimiento.

Los efectos de la disponibilidad de P sobre la longitud del ciclo del cultivo y el rendimiento pueden ser variados. Limitaciones en la disponibilidad de P reducen la acumulación de materia seca de los cultivos y la tasa de crecimiento del cultivo alrededor del momento de floración, implicando una disminución del número de granos y del rendimiento (Andrade et al., 1996; Fontanetto, 1993).

Las deficiencias de P inducen a la formación de tonalidades moradas o púrpuras en hojas y tallos, comenzando por las hojas basales dado que este nutriente es considerado como un elemento móvil dentro de la planta.

El trabajo de investigación se enfocará en determinar si existe efecto de los microorganismos eficientes en la asimilación del fósforo en el cultivo de maíz, proveniente de una fertilización fosfatada química.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 Problema principal

- ¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficientes (EM) en la asimilación del fósforo en el cultivo de maíz?

1.3.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la dosis de microorganismos eficientes (EM) para la asimilación del fósforo proveniente de una fuente fosfatada en el cultivo de maíz?
- ¿Cuál es la dosis de fertilización fosfatada para su asimilación ante la presencia de microorganismos eficientes (EM) en el cultivo de maíz?

1.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de los microorganismos eficientes (EM) en la asimilación del fósforo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la dosis de microorganismos eficientes (EM) para la asimilación del fósforo proveniente de una fuente fosfatada en el cultivo de maíz.
- Determinar la dosis de fertilización fosfatada para su asimilación ante la presencia de microorganismos eficientes (EM) en el cultivo de maíz.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El fósforo es un macroelemento esencial para el crecimiento de las plantas.

El fósforo participa en los procesos metabólicos, tales como la fotosíntesis, la transferencia de energía y la síntesis y degradación de los carbohidratos.

El fósforo se encuentra en el suelo en compuestos orgánicos y en minerales. Sin embargo, la cantidad del fósforo disponible en el suelo es muy baja en comparación con la cantidad total del fósforo en el suelo. Por lo tanto, en muchos casos, los fertilizantes de fósforo deben ser aplicados para satisfacer los requerimientos nutricionales del cultivo.

El fósforo se encuentra en los suelos tanto en forma orgánica como inorgánica y su solubilidad en el suelo es baja. Existe un equilibrio entre el fósforo en la fase sólida del suelo y el fósforo en la solución del suelo.

Las plantas pueden adsorber solamente el fósforo disuelto en la solución del suelo, y puesto que la mayor parte del fósforo en el suelo existe en compuestos químicos estables, sólo una pequeña cantidad de fósforo está disponible para la planta en cualquier momento dado.

Al absorber el fósforo de la solución del suelo por las raíces, parte del fósforo adsorbido a la fase sólida del suelo es liberado a la solución del suelo, para mantener un equilibrio químico.

Las plantas absorben el fósforo de la solución del suelo como el ion ortofosfato: HPO_4^{2-} o H_2PO_4^- . La forma en que el fosforo es absorbido es afectado por el pH. En un pH más alto predomina la forma H_2PO_4^- .

La movilidad del fósforo en el suelo es muy limitada y por lo tanto, las raíces pueden absorber el fósforo solamente de su entorno inmediato.

Desde que la cantidad del fósforo en la solución del suelo es baja, la mayor parte de la absorción del fósforo es activa, contra del gradiente de la concentración (es decir, la concentración del fósforo es mayor en las raíces que en la solución del suelo).

La absorción activa es un proceso que consume energía, así que las condiciones que inhiben la actividad de las raíces, tales como las bajas temperaturas, el exceso de agua, etc., inhiben la absorción del fósforo.

Los tipos de compuestos de fósforo que existen en el suelo son principalmente determinados por el pH del suelo y por el tipo y la cantidad de los minerales en el suelo. Por lo general, los compuestos minerales que forma el fósforo son compuestos de aluminio, hierro, manganeso y calcio.

En suelos ácidos el fósforo tiende a reaccionar con aluminio, hierro y manganeso, mientras que, en suelos alcalinos, la fijación dominante es con el calcio. El rango de pH óptimo para la disponibilidad máxima del fósforo es de 6.0 - 7.0. En muchos suelos la descomposición de la materia orgánica y los residuos de cultivos contribuyen al fósforo disponible.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a que el trabajo de investigación es realizado en campo definitivo, las limitaciones de la investigación están circunscritas por los factores ambientales que no podemos controlar y que afectarán a los resultados de la investigación, sin embargo, es menester manifestar que estos factores ambientales también afectan a los agricultores y productores de esta localidad y que los resultados que se reportan son reales provenientes de las evaluaciones programadas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIO

La mayoría de los suelos tropicales y subtropicales son deficientes en fósforo biodisponible, por lo que el empleo de bacterias promotoras del crecimiento vegetal, principalmente las solubilizadoras de fosfato, pueden reducir el uso de fertilizantes químicos. El objetivo de este trabajo es ofrecer una panorámica actual acerca de los principales géneros y mecanismos de acción de las bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSF), así como analizar su posible empleo en cultivos de importancia económica. La utilización de géneros bacterianos con mayores potencialidades de uso como *Pseudomonas* y *Bacillus* unido a aislados promisorios de *Azospirillum* y *Herbaspirillum* en cultivos como arroz y café permitiría reducir a largo plazo el uso de productos químicos en la agricultura, así como desarrollar estrategias agronómicas que preserven el medio ambiente. El éxito de estos inoculantes bacterianos depende de la

selección de cepas autóctonas eficientes por tipo de suelo, su capacidad de colonizar la rizosfera y de mantener la actividad biológica (Restrepo, Marulanda, De la Fé, Lucía y Hernandez, 2015).

Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. La biología de la solubilización de fosfatos en el suelo, efectuada por microorganismos de muy variada taxonomía y estilo de vida, que sirva como marco teórico para el desarrollo de alternativas de biofertilización fosfórica basadas en bioinsumos. La dinámica del P en el suelo, la taxonomía de los microorganismos solubilizadores de fósforo, los mecanismos implicados en la solubilización. Se concluye que la solubilización de fosfatos es un proceso de amplia dispersión en los suelos del mundo, cuyas bases biológicas están relativamente bien entendidas, lo que puede apoyar en un futuro inmediato el desarrollo de biotecnologías eficientes y sostenibles para la nutrición fosfórica de los cultivos (Patiño y Sanclemente, 2014).

Caracterización de rizobacterias asociadas al cultivo del maíz en la producción de metabolitos del tipo AIA, sideróforos y ácido salicílico. Se ha demostrado que las rizobacterias tienen la capacidad de producir metabolitos de interés agrícola, entre los que se destacan el ácido salicílico, los sideróforos y las fitohormonas; dentro de estas últimas, el ácido Indolacético (AIA) es la auxina más conocida y estudiada, la cual desempeña un papel rector en el crecimiento de los cultivos. Esta investigación se realizó con el objetivo de caracterizar rizobacterias

asociadas al cultivo del maíz en cuanto a la producción de AIA, sideróforos y ácido salicílico. Para ello se empleó un conjunto de cepas de *Burkholderia cepacia* y *Pseudomonas fluorescens* previamente aisladas de la rizósfera del maíz variedad Francisco mejorado. Se utilizaron técnicas colorimétricas y cromatográficas para la detección de los metabolitos estudiados, y análisis multivariado de conglomerado jerárquico y ligamiento completo para la selección de las mejores cepas con respecto a la producción de los metabolitos de interés. Los resultados demostraron que la mayoría de las cepas estudiadas produce metabolitos del tipo AIA, sideróforos y ácido salicílico, destacándose de forma integral las cepas de *Burkholderia cepacia* MBf21, MBp1, MBp2, MBf22, MBp3, MBf20, MBf15 y *Pseudomonas fluorescens* MPp4, por las mayores producciones de los metabolitos en estudio, lo que evidencia que estas cepas pueden ser utilizadas en la promoción del crecimiento vegetal en cultivos de importancia económica (Hernandez et. al., 2004).

Poblaciones de microorganismos rizosféricos de maíz (*Zea mays*). El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto rizosférico de plantas de maíz (*Zea mays* L.) sobre las densidades poblacionales de algunos grupos microbianos. En cámara de crecimiento durante 20 días se cultivaron plantas de cuatro híbridos con diferente respuesta a vuelco, y se tomaron muestras de suelo rizosférico a los 13 y a los 20 días. Se evaluó la densidad de heterótrofos totales, *Azospirillum*, pseudomónadas y hongos en la rizósfera y en el suelo testigo, efectuando recuentos en medio sólido de cultivo y expresando los resultados como ufc / g de suelo seco. En el caso

de uno de los híbridos con buen comportamiento frente a vuelco el número de heterótrofos totales, *Azospirillum* y pseudomónadas se incrementó en forma relativa en el segundo recuento, pero no así el número de hongos. Sin embargo, esto no se observó en el otro material de características similares en cuanto a vuelco. Estudios posteriores permitirán confirmar éstos resultados y comprobar la relación entre el vuelco y la microflora rizosférica (Petenello, Romagnoli y González. 2002).

Aislamiento y producción de bacterias fosfato-solubilizadoras a partir de compost obtenido de residuos de plaza. Debido a la necesidad e importancia de la presencia de microorganismos que desarrollen mecanismos para incrementar la disponibilidad del fósforo para los cultivos, se aislaron bacterias fosfato solubilizadoras a partir de muestras de compost obtenido de residuos de plaza, con el fin de conocer y reproducir la microflora con actividad fosfato solubilizadora presente en el compost. Se realizó un aislamiento primario en medio SMRS1 en donde se evidenció la formación de halos de aclaramiento alrededor de las colonias sin evidenciar antagonismo entre ellas. Se produjo un inóculo mixto en un medio de cultivo modificado a partir del SMRS1 sustituyendo la fuente de fósforo inorgánico por una fuente de fósforo orgánico (Q1); se empleó el diseño factorial Plackett Burman para seleccionar los factores con mayor significancia en las variables de respuesta que fueron biomasa y unidades fosfatasas (UF), se utilizaron como medios controles el SMRS1 y medio Q1. De acuerdo al análisis de varianza de los tratamientos 1 a 12, ninguna de las variables afectó significativamente la viabilidad de las bacterias

fosfato-solubilizadoras ni actividad enzimática, por lo tanto, para la preparación del medio de cultivo se empleó el medio control Q1 que obtuvo mayores valores en cuanto actividad enzimática. Se realizaron curvas de crecimiento en medios Q1 y medio SMRS1 evaluando parámetros como biomasa, pH, UF utilizando la técnica p-nitrofenilfosfato, y fósforo disponible mediante el test Spectroquant de Merck. Aunque no se presentaron diferencias significativas en los demás parámetros, los análisis estadísticos demostraron que las UF presentaron evidencias estadísticamente significativas comparando los dos medios de cultivo con $p = 0.0159$, presentando actividad mayor los microorganismos en el medio SMRS1 que en Q1. El fósforo disponible en el medio Q1 se cuantificó utilizando el kit SPECTROQUANT R FOSFORO (PMB) MERCK, el fósforo disponible en la hora 0 fue de 5 ppm, en la hora 8 fue de 9.6 ppm, en la hora 14 se determinó 24.7 ppm de fósforo disponible, siendo este último punto el más alto que coincide con la mayor actividad fosfatasa que está directamente relacionada con el crecimiento microbiano, por último en la hora 24 disminuye a 17.8 ppm (Bobadilla y Rincón, 2008).

2.2 BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS

2.2.1. EL CULTIVO DE MAÍZ

Origen y distribución

El maíz es una planta anual, originaria de América del sur, donde los aborígenes lo cultivaban para aprovechar el valor alimenticio de sus granos. En la actualidad su cultivo se ha extendido a muchas de las regiones templadas y cálidas del mundo. Importante como planta

alimenticia es también excelente forrajera y tiene numerosas aplicaciones industriales (Fuster, 1974).

En la Florida y nueva Granada los indígenas lo consumían, siendo la base de su régimen alimenticio, Los incas también lo consumían tierno, asados sobre la brasa. Europa la introdujeron los españoles y los portugueses, donde su desarrollo y extensión de cultivo no han cesado de aumentar, si bien su empleo principal es el alimento del ganado (Martínez, 1995).

El origen geográfico del maíz no se conoce con exactitud, aunque existen evidencias que lo sitúan en México con anterioridad al año 5000 A.C. Vavilou sitúa el centro primario de origen el sur de México y Centroamérica, y un origen secundario de diversidad genética a los valles altos como: Perú, Ecuador, Bolivia. Tiene una amplia distribución geográfica se le encuentra desde las regiones este y sur este de EE.UU., México, América Central, y del Sur (Cazco, 2006).

Taxonomía

Según Terán (2008), la clasificación botánica del maíz es:

- Reino : Plantae
- División : Magnoliophyta
- Clase : Liliopsida
- Orden : Cyperales
- Familia : Poaceae

- Género : Zea
- Especie : maíz
- Nombres Comunes: Maíz, morochillo, maíz duro amarillo.
- Nombre científico: *Zea mays* L.

Morfología del maíz tropical

La planta de maíz tropical es alta, con abundantes hojas y un sistema radical fibroso, normalmente con un solo tallo que tiene hasta 30 hojas. Algunas veces se desarrollan una o dos yemas laterales en la axila de las hojas en la mitad superior de la planta; estas terminan en una inflorescencia femenina la cual se desarrolla en una mazorca cubierta por hojas que la envuelven; esta es la parte de la planta que almacena reservas. La parte superior de la planta termina en una inflorescencia masculina o panoja; esta tiene una espiga central prominente y varias ramificaciones laterales con flores masculinas, todas las que producen abundantes granos de polen (Ritchie y Hanway, 1992).

Plántula

Cuando la semilla se siembra en suelo húmedo, absorbe agua y comienza a hincharse, un proceso que procede más rápidamente a temperaturas altas como las que prevalecen en muchos ambientes tropicales en la estación húmeda; bajo estas condiciones, la semilla empieza a germinar en dos o tres días. En el invierno o en condiciones de bajas temperaturas del suelo como en las tierras

altas, el proceso se demora y la emergencia de la radícula puede ocurrir a los seis u ocho días, dependiendo de la temperatura del suelo. Contrariamente a esto, la temperatura del suelo en algunos ambientes puede ser tan alta que la semilla puede morir, especialmente si falta humedad, por ejemplo en el cultivo de maíz de secano sembrado en suelo seco a la espera de las lluvias. Cuando se inicia la germinación, la coleorriza se elonga y sale a través del pericarpio; después aparece la radícula a través de la coleorriza. Inmediatamente después de la emergencia de la radícula también emergen tres o cuatro raíces seminales. Al mismo tiempo o muy pronto después, la plúmula cubierta por el coleoptilo emerge en el otro extremo de la semilla; el coleoptilo es empujado hacia arriba por la rápida elongación del mesocotilo, el cual empuja al naciente coleoptilo hacia la superficie de la tierra. El mesocotilo juega un papel importante en la emergencia de la plántula del maíz por encima de la superficie de la tierra y tiene una gran plasticidad sobre la tasa de crecimiento y la longitud a que llega. Cuando el extremo del coleoptilo surge a través de la superficie de la tierra cesa la elongación del mesocotilo, emerge la plúmula a través del coleoptilo y esta aparece sobre la tierra. El maíz se siembra normalmente a una profundidad de 5 a 8 cm. si las condiciones de humedad son adecuadas. Esto da lugar a una emergencia de las plántulas rápida y uniforme, en cuatro o cinco días después de la siembra; este tiempo aumenta al aumentar la profundidad de siembra. En algunos ambientes, por ejemplo en las tierras altas de México, la semilla se

coloca normalmente a una profundidad de 12 a 15 cm. a fin de tener niveles adecuados de humedad para la germinación. En estos ambientes los genotipos de maíz con un mesocotilo de fuerte y rápida elongación representan una ventaja (Onderdonk y Ketcheson, 1972).

Sistema radicular

Las raíces seminales se desarrollan a partir de la radícula de la semilla a la profundidad a la que ha sido sembrada. El crecimiento de esas raíces disminuye después que la plúmula emerge por encima de la superficie del suelo y virtualmente detiene completamente su crecimiento en la etapa de tres hojas de la plántula. Las primeras raíces adventicias inician su desarrollo a partir del primer nudo en el extremo del mesocotilo. Esto ocurre por lo general a una profundidad uniforme, sin relación con la profundidad a que fue colocada la semilla. Un grupo de raíces adventicias se desarrolla a partir de cada nudo sucesivo hasta llegar a entre siete y diez nudos, todos debajo de la superficie del suelo. Estas raíces adventicias se desarrollan en una red espesa de raíces fibrosas. El sistema de raíces seminales mencionado antes puede continuar activo durante toda la vida de la planta, pero sus funciones son insignificantes. El sistema de raíces adventicias es el principal sistema de fijación de la planta y además absorbe agua y nutrimentos. Mistrik y Mistrikova (1995) encontraron que el sistema de raíces adventicias seminales constituye cerca del 52% y que el

sistema de nudos de las raíces es el 48% de la masa total de raíces de la planta de maíz.

Algunas raíces adventicias o raíces de anclaje emergen a dos o tres nudos por encima de la superficie del suelo; en algunos cultivares de maíz también se pueden desarrollar en un número mayor de nudos. La principal función de estas raíces es mantener la planta erecta y evitar su vuelco en condiciones normales. Se cree ahora que estas raíces también colaboran en la absorción de agua y nutrimentos (Feldman, 1994).

Los distintos genotipos de maíz presentan marcadas diferencias en su sistema radical en lo que hace a su hábito, a su masa de raíces, al número de ramificaciones por unidad de longitud y a la difusión lateral de las raíces (Feldman, 1994).

A causa de las dificultades que se encuentran para el estudio del sistema radical, invisible y subterráneo, las diferencias genéticas en el sistema radical del maíz no han sido debidamente estudiadas y explotadas. En el desarrollo de germoplasma tolerante a suelos ácidos la variabilidad en la longitud de las raíces de las plantas ha sido usada para seleccionar genotipos tolerantes en soluciones de nutrimentos (Magnavaca, Gardner y Clark, 1987) y en macetas en invernaderos (Urrea Gómez *et al.*, 1996). Algunos estudios recientes en líneas puras de maíz cultivadas bajo diferentes niveles de

nitrógeno mostraron diferencias en la respuesta de la plasticidad del sistema radical a los distintos niveles de nitrógeno (Smith y Van Beem, 1995).

La anatomía de las raíces del maíz ha sido descrita por varios investigadores (Luxova, 1981; Feldman, 1994). Tales estudios están ganando en importancia para el desarrollo de genotipos de maíz tolerantes al estrés, lo que se discutirá más adelante en esta publicación. Por ejemplo, los genotipos de maíz que tienen o pueden desarrollar algún tipo de aerénquima con espacios intercelulares en sus raíces -similares a las hidrófitas- pueden ser capaces de sobrevivir bajo excesivas cantidades de agua (Jackson, 1994). La anatomía de la unión raíz-tallo ha sido estudiada en detalle y se han encontrado diferencias significativas en la segmentación vascular de esas uniones entre distintas especies de cereales y también entre distintos cultivares de la misma especie (Aloni y Griffith, 1991). Los estudios sugieren que la selección basada en la ocurrencia de zonas de seguridad en la unión raíz-tallo pudiera ser útil para mejorar la adaptación de los cereales, incluyendo el maíz, en condiciones de sequía y bajas temperaturas.

A. Sistema caulinar - vegetativo

Las plántulas de maíz son visibles sobre la superficie cuando tienen tres hojas si bien sus puntos de crecimiento están aún bajo tierra. En esta etapa la planta muestra un crecimiento vigoroso el cual se

origina en un solo punto de crecimiento que es el meristemo apical; todas las partes del tallo del maíz, tanto vegetativas como reproductivas, se producen a partir de este meristemo. El tallo consiste de cuatro estructuras básicas: los internudos, las hojas, el profilo y la yema o meristemo apical, que colectivamente son conocidas como el fitómero. El número de fitómeros producido durante la fase vegetativa del desarrollo es regulada tanto por factores genéticos como ambientales (Galinat, 1959, 1994; Poething, 1994).

Cuando la planta tiene seis hojas abiertas, el punto de crecimiento y el primordio de la espiga ya han sobrepasado la superficie del suelo. Los internudos comienzan a elongarse rápidamente y la planta pasa a través de un período de rápido crecimiento y elongación. En general, en los trópicos el período de crecimiento no está limitado por el régimen de temperaturas. Las plantas de maíz tropical, por lo tanto, producen un mayor número de hojas y más grandes que las plantas en las zonas templadas. La variación en el número total de hojas es más afectada por el momento de la iniciación de la espiga que por la variación en la velocidad de iniciación de las hojas (Poething, 1994). El gen para foliosidad (*Lfy*) prolonga el crecimiento vegetativo del tallo, demora la iniciación de la espiga y de la mazorca e incrementa el número de hojas en forma diferente en los distintos ambientes (Shaver, 1983).

En el maíz tropical hay una gran variación en la altura de la planta, en el número de hojas y en su tamaño y orientación. En general, el maíz tropical es una planta alta, con muchas hojas y con un exceso de crecimiento vegetativo. La estructura general de la planta tiene un efecto importante sobre su productividad y el maíz tropical tiene un índice de cosecha mucho menor que el maíz de zona templada. Por lo general, el maíz cultivado en los trópicos no macolla y tiene un solo tallo principal. Por otro lado, algunos maíces en las tierras altas, especialmente en las alturas de México, muestran un considerable número de macollos o ahijados. La mayoría de estos macollos son improductivos, tienen solamente panojas pero no tienen mazorcas con granos. Sin embargo, el macollaje puede ser una ventaja en el caso de los maíces forrajeros. Algunas variedades de maíz dulce y de maíz reventón producen macollos, algunos de los cuales pueden ser productivos.

La anatomía de la hoja y del tallo del maíz han sido descritas por Esau (1977). El tallo tiene tres componentes importantes en sus tejidos: la corteza o epidermis, los haces vasculares y la médula. Los haces vasculares están ordenados en círculos concéntricos con una mayor densidad de haces y anillos más cercanos hacia la zona periférica epidérmica; su densidad se reduce hacia el centro del tallo.

La mayor concentración de haces vasculares debajo de la epidermis proporciona al tallo resistencia contra el vuelco. Hunter y Dalbey (1937) compararon, en condiciones de campo, la anatomía del tallo de varias líneas puras que diferían en cuanto al vuelco.

Las líneas con tallos más fuertes tenían más capas de esclerénquima de paredes gruesas debajo de la epidermis del tallo y también alrededor de los haces vasculares. Hay considerable variación entre los genotipos de maíz respecto al espesor de la epidermis, un carácter que es utilizado en la selección del germoplasma con mayor tolerancia al vuelco.

La anatomía de la hoja del maíz ha merecido considerable atención sobre todo para entender la estructura de la hoja en relación a la fotosíntesis de la planta C4. Las características de las plantas C3 y C4 muestran algunas diferencias anatómicas y estructurales (Caroline, Jacobs y Vesk, 1973; Laetsch, 1974) y Esau (1977) y Freeling y Lane (1994) proporcionan buenas fuentes de información sobre la anatomía de la planta de maíz. También hay variaciones en la anatomía de las plantas C4. Por ejemplo, los manojos de cloroplastos alargados muestran claras variaciones.

Estudios bioquímicos comparativos hechos en plantas C4 sugieren que la variación en la morfología y en la localización de ese tipo de cloroplastos está correlacionada con diferentes actividades

enzimáticas (Gutiérrez, Gracen y Edwards, 1974). Como que la fotosíntesis C4 es de mayor importancia en las plantas cultivadas en condiciones de altas temperaturas como los trópicos, esta variación en los genotipos de maíz tropical debe ser debidamente estudiada y explotada para aumentar su productividad.

B. Sistema caulinar - reproductivo

El maíz es una planta monoica; desarrolla inflorescencias con flores de un solo sexo las que crecen siempre en lugares separados de la planta. La inflorescencia femenina o mazorca crece a partir de las yemas apicales en las axilas de las hojas y la inflorescencia masculina o panoja se desarrolla en el punto de crecimiento apical en el extremo superior de la planta. Inicialmente, ambas inflorescencias tienen primordios de flores bisexuales; durante el proceso de desarrollo los primordios de los estambres en la inflorescencia axilar abortan y quedan así solo las inflorescencias femeninas.

Del mismo modo, los primordios de gineceos en la inflorescencia apical abortan y quedan entonces solo inflorescencias masculinas. La determinación del sexo en el maíz es un proceso complejo que involucra una interacción entre determinantes genéticos (genes masculinizantes y feminizantes), ambientales, giberelinas y hormonas de la planta del tipo de los esteroides (Dellaporta y Calderón Urrea, 1994).

Como se mencionó anteriormente, el punto de crecimiento del tallo del maíz ya está por encima de la superficie de la tierra cuando la planta tiene seis hojas abiertas. El desarrollo de la panoja precede al de la mazorca y después que todos los primordios foliares se han iniciado, el meristemo apical se elonga y se transforma en un meristemo reproductivo masculino que se transformará a su vez en la panoja. Los internudos inician una fase de rápida elongación empujando el punto de crecimiento hacia arriba; si en este momento se disecta longitudinalmente una planta, se notarán los primordios de las yemas laterales en la axila de cada hoja. Muchas de estas no se desarrollarán y normalmente una o dos yemas laterales en la mitad superior de la planta llegarán a ser inflorescencias femeninas funcionales, o sean las mazorcas. El número de granos por fila en cada mazorca se determina en esta etapa temprana del desarrollo, pero el número de óvulos funcionales que se desarrollarán como granos se determina más tarde, aproximadamente una semana después de la emergencia de los estigmas. La mazorca superior muestra dominancia apical y sobre-pasa a todas las mazorcas ubicadas inferior-mente. En ese momento, el extremo de la mazorca aparece en la axila de la hoja que sostiene esa mazorca.

Muy pronto después, el extremo de la panoja también aparece por encima del verticilo de hojas. El pedúnculo de la panoja crece vigorosamente en esta etapa, llevando la panoja al extremo, por

encima de toda la planta. La panoja es una estructura ramificada que está formada por una espiga central bastante conspicua en las plantas de maíz tropical. El número de ramificaciones laterales varía considerablemente y una espiga puede llegar a tener hasta 30 o 40 espiguillas.

La formación de la yema axilar que genera la mazorca está cubierta con 12 a 14 hojas modificadas. La formación que sostiene la mazorca se llama comúnmente caña y tiene nudos e internudos cortos, aunque varía en longitud según las diversas razas de maíz. La mazorca normalmente no tiene ramificaciones laterales si bien algunas veces puede mostrar alguna ramificación o bifurcación en su base, lo cual es considerado un carácter indeseable. El eje de la mazorca recibe diferentes nombres según las regiones -olote, tusa, marlo- y se describe como la contraparte de la panoja central de la panoja principal. El olote lleva numerosas filas de óvulos, siempre en número par. Cheng, Greyson y Walden (1983), Stevens *et al.* (1986), Hanway y Ritchie (1987) y Cheng y Pareddy (1994) han proporcionado descripciones detalladas del desarrollo de las flores y de la inflorescencia del maíz.

C. Granos de polen y estigmas

El polen de maíz es una estructura trinuclear; tiene una célula vegetativa, dos gametas masculinas y numerosos granos de almidón; su gruesa pared tiene dos capas, la exina y la intina y es

bastante resistente. A causa de las diferencias de desarrollo entre las florecillas superiores e inferiores en las espiguillas masculinas y la maduración asincrónica de las espigas, el polen cae continuamente de cada espiga por un período de una semana o más.

Los estigmas son la prolongación del canal del estilo de los óvulos maduros en la mazorca. Dependiendo de la longitud de la mazorca y de las hojas que las cubren, los estambres pueden crecer hasta 30 centímetros o más para llegar al extremo de las hojas de cobertura o espatas. Los estambres están cubiertos por numerosos pelos o tricomas colocados en ángulo abierto con el estambre, donde serán retenidos los granos de polen. El desarrollo de las flores femeninas y de los óvulos en la mazorca es acropétalo, desde la base hacia arriba (Cheng y Pareddy, 1994). Sin embargo, y debido probablemente a la fertilización más temprana, el desarrollo del grano comienza a cinco centímetros por encima de la base de la mazorca. El desarrollo de los estambres continúa por varios días y los estambres receptivos aparecen en tres a cuatro días; permanecen receptivos y continúan creciendo por varios días más después de su emergencia por encima de las hojas de cobertura hasta que son polinizados.

Los estambres receptivos son húmedos y pegajosos y el grano de polen germina inmediatamente después de alojarse en los

estambres. El largo tubo polínico necesita 24 horas para recorrer todo el estambre y alcanzar el óvulo para fertilizarlo. El proceso de polinización y fertilización en el maíz tropical ocurre durante los días más cálidos del período de crecimiento. A causa de la variabilidad del tiempo en la temporada lluviosa en los trópicos, la duración del período de polinización es mayor que bajo condiciones de irrigación pero el tiempo cálido y húmedo no afecta negativamente ni la polinización ni la fertilización. Sin embargo, el tiempo cálido y seco afecta adversamente a los estambres los cuales se secan fácilmente dañando el crecimiento del tubo polínico y la fertilización.

Contrariamente a lo que comúnmente se cree, la planta de maíz no presenta verdadera protandria -anteras que alcanzan la madurez antes que el gineceo- ya que el gineceo madura y los estambres son receptivos antes de aparecer fuera de las hojas de cobertura. Las anteras de las espiguillas de la parte superior de la espiga central salen fuera de las florecillas y comienzan a dejar caer polen antes que los estambres emerjan por encima de las hojas de cobertura. Bajo condiciones óptimas para el crecimiento de la planta, el intervalo entre la antesis y la salida de los estambres (ASI) es de uno o dos días. En cualquier condición de estrés de crecimiento de la planta, el intervalo del ASI aumenta. La importancia del ASI en la productividad del maíz y su manipulación se describen en los capítulos *Estreses abióticos que afectan al maíz* y *Mejoramiento para tolerancia a estreses abióticos*.

D. Frutos y semillas

El grano o fruto del maíz es un cariopse. La pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endosperma triploide. La parte más externa del endosperma en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona. Varios autores han presentado claras descripciones del grano de maíz: Esau (1977); Ritchie y Hanway (1992) y Hanway y Ritchie (1987). La estructura del endosperma del maíz es muy variable y le da al grano distintas apariencias.

E. Híbridos

Las variedades híbridas provienen del cruzamiento de dos líneas puras y tienen la ventaja de manifestar la heterósis o el llamado vigor híbrido. En las variedades híbridas, todos los individuos de la población son idénticos pero heterocigóticos, lo cual significa que no pueden reproducirse en individuos iguales a sí mismo. Las líneas puras de plantas auto gamas podrían conservarse indefinidamente, generaciones tras generaciones, si las siembras se mantuvieran libres de plantas extrañas. Las variedades sintéticas pueden desequilibrarse por el efecto selectivo del medio sobre los individuos integrantes de la población inicial y pueden perder potencial productivo. Finalmente, cabe apuntar que las variedades híbridas no

se conservan o, lo que es lo mismo, su descendencia no resulta igual a los progenitores, ofreciendo una gran variabilidad (Gostincar, 1998).

La hibridación del maíz ha logrado mejorar las especies, obteniéndose mayores cosechas y un mayor rendimiento (Tico, 1975).

El maíz se ha tomado como un cultivo muy estudiado para investigaciones científicas en los estudios de genética. Continuamente se está estudiando su genotipo y por tratarse de una planta monoica aporta gran información ya que posee una parte materna (femenina) y otra paterna (masculina) por lo que se pueden crear varias recombinaciones (cruces) y crear nuevos híbridos para el mercado. Los objetivos de estos cruzamientos van encaminados a la obtención de altos rendimientos en producción. Por ello, se selecciona en masa aquellas plantas que son más resistentes a virosis, condiciones climáticas adversas y plagas. (Cazco, 2006).

Las semillas mejoradas son un insumo estratégico en la agricultura, pues ayudan a elevar la producción, el rendimiento y la eficiencia para cubrir las necesidades alimenticias de la población y competir en el ámbito internacional". Un alto rendimiento por hectárea a bajo costo, resistencia a fuertes vientos y enfermedades por hongos, y una baja estatura que facilita la cosecha son las bondades de los

híbridos con los que se está trabajando en la actualidad además de que se puede conseguir híbridos para distintas regiones (Tadeo, 2000).

a. Ventajas del uso de híbridos

Entre las ventajas de los híbridos en relación con las variedades criollas y las sintéticas se pueden citar las siguientes: mayor producción de grano; uniformidad en floración, altura de planta y maduración; plantas más cortas pero vigorosas, que resisten el acame y rotura; mayor sanidad de mazorca y grano; en general, mayor precocidad y desarrollo inicial (Castañedo, 1990).

b. Desventaja del uso de híbridos

Entre las desventajas se puede señalar: reducida área de adaptación, tanto en tiempo como espacio (alta interacción genotipo-ambiente); escasa variabilidad genética que lo hace vulnerable a las epifitas; necesidad de obtener semillas para cada siembra y su alto costo; necesidad de tecnología avanzada y uso de insumos para aprovechar su potencialidad genética; bajo rendimiento de forraje y rastrojo (Castañedo, 1990).

C. Requerimientos y exigencias del cultivo

Todas las plantas requieren una serie de nutrientes que los obtienen del medio que las rodea y se clasifican en no minerales (carbono, hidrógeno y oxígeno) y minerales. En el caso de los minerales se

clasifican en primarios (nitrógeno, fósforo y potasio), secundarios (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, y zinc) todos son importantes y deben mantener un equilibrio para el óptimo desarrollo de los vegetales; se podría decir que el N,P,K son los elementos que más se toma en cuenta ya que estos son absorbidos en mayor cantidad por las plantas y se presentan deficiencias caso contrario de los secundarios y micro nutrientes que es menos probable encontrar deficiencias (INPOFOS, 1997).

El desarrollo completo solo será posible después de que la cantidad de cada nutriente este ajustada a los requerimientos específicos de cada planta.

Cuadro No 1. Extracción de elementos nutritivos por parte del maíz (Cosecha de 4,5 TM/ha de maíz)

| Nutrientes puros extraídos | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| N | P₂O₅ | K₂O |
| Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha |
| 130 | 40 | 155 |

Fuente: INPOFOS, 1997.

Cuadro No 2. Recomendación para fertilización.

| En el cultivo de maíz para grano. Kg de nutrientes puros por hectárea | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------|
| N | P₂O₅ | K₂O |
| 100 – 120 | 100 – 120 | 100 – 160 |

Fuente: INPOFOS, 1997.

2.2.2 EL FOSFORO

La planta absorbe el P como iones orto fosfato primario (H_2PO_4^-) y en pequeñas cantidades como orto fosfato secundario (HPO_4^{2-}) este elemento depende mucho del pH para que sea aprovechado por las plantas, su deficiencia se nota principalmente en las hojas viejas por su movilidad a las partes apicales, frutos y semillas. Los síntomas de deficiencia son el enrojecimiento del follaje más viejo, hojas distorsionadas y puede retardar la madurez del cultivo (INPOFOS, 1997).

Las plantas deficientes de fósforo son de crecimiento lento y a menudo enanas a la madurez (INPOFOS, 1997).

El fósforo no es tan abundante en los suelos, como el N y K. La concentración total varía entre 0,2 a 1,5 g/kg P. La cantidad total de fósforo en el suelo tiene poca relación con la disponibilidad de P para las plantas. Por lo tanto, el entendimiento de las relaciones e interacciones de las diferentes formas de P en el suelo y los numerosos factores que influyen su disponibilidad es esencial para un manejo eficiente (Azabache, 2003).

En el ciclo del fósforo se ilustra las interrelaciones entre las diferentes formas de P en los suelos. La disminución de P de la solución suelo debido a la absorción por las raíces de las plantas es

tamponada por fracciones de P orgánico e inorgánicos en los suelos. Los minerales primarios y secundarios de P se meteorizan para reabastecer $H_2PO_4^- / HPO_4^{2-}$ a la solución suelo. El P inorgánico adsorbido en superficies de la fase sólida del suelo, como $H_2PO_4^- / HPO_4^{2-}$ (P inorgánico lábil) también puede desorberse para tamponar la disminución de P en solución. Numerosos microorganismos del suelo digieren residuos de plantas conteniendo P y producen muchos compuestos orgánicos de P en el suelo. Estos compuestos orgánicos de P pueden ser mineralizados a través de la actividad microbial para suministrar P a la solución suelo. Los fertilizantes de P soluble en agua aplicados al suelo incrementan la concentración de P en la solución suelo. Además de la absorción de P por las raíces, el P en solución puede ser adsorbido a superficies minerales y precipitado como minerales secundarios de P. Los microorganismos del suelo inmovilizan P en solución como P microbial; eventualmente producen compuestos de P fácilmente mineralizables (P orgánico lábil) y compuestos orgánicos de P más resistentes a la degradación microbial (Azabache, 2003).

El exceso de fósforo puede acelerar unilateralmente la madurez a costo del crecimiento vegetativo. Además de ello, las deficiencias de elementos menores (particularmente zinc y hierro) han sido atribuidas en ciertos casos a un exceso de fosfatos que origina depresiones en el rendimiento (Jacob y Kull, 1964).

2.2.3 MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)

Rodríguez (2009), manifiesta que los microorganismos eficientes (EM) fueron desarrollados en la década de los 70, por el profesor Teruo Higa de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. Teóricamente este producto comercial se encuentra conformando esencialmente por tres diferentes tipos de organismos: levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias fotosintéticas, las cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos de la ingeniería, según sus promotores.

Piedrabuena (2003), indica que los Microorganismos Eficientes son una combinación de microorganismos beneficiosos de cuatro géneros principales: Bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación. Estos microorganismos efectivos cuando entran en contacto con materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes. Además, mediante su acción cambian la micro y macroflora de los suelos y mejoran el equilibrio natural, de manera que los suelos causantes de enfermedades se conviertan en suelos supresores de enfermedades, y ésta se transforme a su vez en tierra (suelo) azimogénico. A través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus.

Hurtado (2001), expresa que el EM viene únicamente en forma líquida y contiene microorganismos útiles y seguros. No es un fertilizante, ni un químico, no es sintético y no ha sido modificado genéticamente. Este se utiliza junto con la materia orgánica para enriquecer los suelos y para mejorar la flora y la labranza. Dichos microorganismos se encuentran en estado latente y por lo tanto se utiliza para hacer otros productos secundarios de microorganismos eficientes.

A. Modo de acción

Hurtado (2001), manifiesta que los microorganismos eficientes actúan de manera que 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 eficientes para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas.

IDIAF (2009), expresa que a través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus.

Los efectos antioxidantes de estos microorganismos pasan directamente al suelo e indirectamente a las plantas, manteniendo así la proporción de NPK y CN. Este proceso aumenta el humus

contenido en el suelo, siendo capaz de mantener una elevada calidad de la producción.

B. Tipos de microorganismos presentes

1. Bacterias ácido lácticas

Biosca (2001), manifiesta que estas bacterias 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. Ayuda a solubilizar la cal y el fosfato de roca.

2. Bacterias fotosintéticas

Biosca (2001), indica que son bacterias autótrofas 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 fuente 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 eficientes.

EARTH (2008), expresa que estas bacterias funcionan como un componente importante del EM. Ayudan a mantener el balance con otros microorganismos benéficos, permitiendo a coexistir y funcionar juntamente con los mismos.

3. Levaduras

Biosca (2001), indica que estos microorganismos 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 eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomiceto. EARTH (2008), manifiesta que la levadura ayuda a fermentar la materia orgánica y contiene vitaminas y aminoácidos.

4. Actinomicetes

APNAN (2003), manifiesta que funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biácidas). Benefician el crecimiento y actividad del *Azotobacter* y de las micorrizas

5. Hongos de fermentación

APNAN (2003), expresa que los hongos de fermentación como el *Aspergillus* y el *Penicilina* actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, esteroides y sustancias antimicrobianas. Esto es lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BASICOS

Fertilización.- Proceso por el cual se incorpora a la tierra diversas sustancias que tienen el objeto de hacerle más fértil.

Bacterias.- Son organismos unicelulares de un tamaño del orden de la micra. Su número, en los diversos suelos, es muy variable, pero en los suelos cultivados supera con mucho al de los otros seres vivos.

El fósforo.- Es un macro-elemento esencial para el crecimiento de las plantas. Participa en los procesos metabólicos, tales como la fotosíntesis, la transferencia de energía y la síntesis y degradación de los carbohidratos. Se encuentra en el suelo en compuestos orgánicos y en minerales. Sin embargo, la cantidad del fósforo disponible en el suelo es muy baja en comparación con la cantidad total del fósforo en el suelo.

Microorganismos eficientes.- Son una mezcla de bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras en concentraciones mayores a 100 unidades formadoras de colonias por mililitro de solución que se encuentra en estado de latencia y se conocen como EM.

2.4. FORMULACIÓN DE LA HIPOTESIS

2.4.1. Hipótesis general

No existe efecto diferenciado de los microorganismos eficientes (ME) en la asimilación del fósforo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

2.4.2. Hipótesis específicas

No existe efecto de la dosis de microorganismos eficientes (EM) en la asimilación del fósforo proveniente de una fuente fosfatada en el cultivo de maíz.

No existe efecto de la dosis de fertilización fosfatada para su asimilación ante la presencia de microorganismos eficientes (EM) en el cultivo de maíz.

2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

2.5.1 Variable independiente

Microorganismos eficientes (EM).

2.5.2 Variable dependiente

Asimilación del fósforo en el cultivo de maíz.

2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES

| Variable | Definición | Dimensión | Indicador |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------|
| Variable Independiente | Microorganismos eficientes. | 0 ml/mochila de 20 L. | ml |

| | | | |
|----------------------|--|-------------------------------|-------|
| | | 50 ml/mochila de 20 L. | ml |
| | | 100 ml/mochila de 20 L. | ml |
| Variable Dependiente | Asimilación del fósforo en el cultivo de maíz. | Número de mazorcas por planta | Unid. |
| | | Altura de planta | cm |
| | | Longitud de raíces | cm |
| | | Diámetro de tallo | cm |
| | | Peso fresco de la planta | g |
| | | Longitud de mazorca | cm |
| | | Peso de grano seco/mazorca | g |

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación al que pertenece el presente proyecto es el experimental básico.

3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación utilizado en el presente proyecto es el método inductivo – deductivo - analítico.

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño experimental que se empleó en el desarrollo del trabajo de investigación fue el Diseño de Bloques Completamente Randomizados (BCR) con arreglo factorial de 3 x 4 y 3 repeticiones por tratamiento.

3.3.1 Modelo aditivo lineal

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- X_{ijk} = Es una observación cualesquiera.
- μ = Media poblacional.
- α_i = Efecto del *i*-ésimo nivel del factor A
- β_j = Efecto del *j*-ésimo nivel del factor B
- $\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción de *i*-ésimo nivel del factor A y el *j*-ésimo nivel del factor B
- γ_k = Efecto del *k*-ésimo bloque.
- ε_{ijk} = Error experimental.
- $i = 1, 2, 3, \dots, a$
- $j = 1, 2, 3, \dots, b$
- $k = 1, 2, 3, \dots, r.$

a. Análisis de variancia

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F_c | F_t | Sig. |
|-----------------|-------------------------------|-------------|-------------|----------------------|----------------------|-------------|
| Bloques | 2 | | | | | |
| Factor A | 2 | | | | | |
| Factor B | 3 | | | | | |
| A x B | 6 | | | | | |
| Error | 22 | | | | | |
| Total | 35 | | | | | |
| s = | \bar{x} = | | | C.V.= | | |

De existir diferencias significativas en el ANVA, se realizará la Prueba de Significación de Duncan ($\alpha = 0.5$)

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 Población

La población estuvo constituida por 1080 plantas de maíz. En cada unidad experimental se consideró 30 plantas de maíz.

3.4.2 Muestra

La muestra estuvo conformada por 284 plantas de maíz.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La principal técnica que se utilizó fue la observación y el principal instrumento que se utilizó fueron las fichas de colección de datos.

3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de los datos se realizó mediante el análisis de varianza y su procesamiento de los datos se realizó en el software estadístico SPSS.

3.7 TRATAMIENTO ESTADISTICO

Para comparar los promedios de los tratamientos y poder clasificarlos, se aplicó la prueba de significación de Duncan (5%).

3.8 SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

La validación del instrumento de colección de datos y de la selección de las variables que nos permitieron obtener los datos de campo que darán

respuesta al efecto de los tratamientos en el trabajo de investigación, se realizó a través de consulta de expertos.

| Consultor | Experto | Valoración del instrumento |
|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | M.Sc. Karina Marmolejo Gutarra | 88 % |
| 2 | M.Sc. Carlos Rodriguez Herrera | 89 % |
| 3 | Ing. Iván Sotomayor Córdova | 90 % |

Es así que a juicio de expertos la ficha de colección de datos para evaluar el efecto de los microorganismos eficientes (ME) en la asimilación del fósforo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), presentó en promedio un coeficiente de valoración del 89%.

3.9 ORIENTACIÓN ÉTICA

El desarrollo del trabajo de investigación que servirá de referencia para otros trabajos de investigación y que contribuirá al conocimiento en el manejo y producción del cultivo de maíz, fue desarrollado siguiendo los valores éticos del investigador y es así que doy fe que lo que se expone en el presente documento está representado en sus resultados fiel a las evaluaciones realizadas en campo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

4.1.1 Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el Anexo de Luz María, en el distrito de Perene, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín.

a) Ubicación política

- Región : Junín
- Provincia : Chanchamayo
- Distrito : Perene
- Anexo : Luz María

b) Ubicación geográfica

- Latitud sur : 11° 03' 00" S

- Longitud oeste : 75° 18' 15" W
- Altitud media : de 750 m.s.n.m.

4.1.2 Procedimiento y conducción del experimento

A. Preparación del terreno

Para la ejecución del experimento se tuvo un área de 500 m² anteriormente instalado con frijol.

B. Parcelación del área experimental

Luego que el terreno fue deshierbado se procedió a la parcelación de acuerdo al croquis. Las parcelas estuvieron orientadas de este a oeste para que las plantas tengan un mayor aprovechamiento de los rayos solares para un eficiente desarrollo.

C. Remoción del suelo, preparación de las parcelas

Se efectuó en forma manual utilizando, azadón, pala, zapapico, rastrillo, etc. luego se procedió a preparar las parcelas de 1 m de ancho por 5 m. de largo, con un espesor de 0.30 m de alto, dejando calles de 0.50 m. entre parcelas y 1.0 m entre bloques, seguidamente se realizó un abonamiento de fondo utilizando gallinaza a una proporción de 2 kg/m².

D. Siembra

La siembra del cultivo de maíz se realizó a los 8 días de haber aplicado el abonamiento de fondo, se utilizó un distanciamiento

de siembra de 0.80 m. entre hileras por 0.50 m. entre plantas.
Haciendo un total de 30 plantas por unidad experimental.

E. Abonamiento

La fertilización fosforada se realizó de acuerdo al tratamiento en estudio, fertilizando solo 1 vez durante todo el experimento.

F. Riego

Estas labores se realizaron de acuerdo a las exigencias del cultivo, y se hizo de manera continua para mantener la humedad necesaria del suelo; asimismo, se consideró la variación temporal en función del clima y de la fase fenológica; es así que la frecuencia de riego varió de 25 a 30 días.

G. Raleo o desahije

Se realizó con la finalidad de quitar o eliminar las plantas menos vigorosas, se efectuó a los 10 días después de la siembra.

H. Aporque

Tiene el fin de asegurar la estabilidad de la planta de mayor área radicular que permitirá la mayor asimilación de nutrientes, esta labor se realizó juntamente con el deshierbo.

I. Deshierbo

Para mantener las parcelas libres de malezas se ejecutó esta actividad según la necesidad del cultivo.

J. Control Fitosanitario

Esta labor se efectuó según necesidad del cultivo. Para el control del cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) se aplicó en dos oportunidades Cipermetrina + clorpirifos, el primero a los 20 días después de la emergencia cuando las plantas tenían entre 15 y 20 cm de altura de planta, la segunda aplicación se realizó a los 40 días después de la emergencia, cuando las plantas tenían aproximadamente entre 40 y 60 cm de altura de planta. La dosis utilizada fue de 1 l/ha.

.

Para el control del gusano mazorquero (*Helicoverpa zea*) se utilizó aceite de cocina, el cual fue aplicado en la parte apical del elote por donde salen los estigmas a razón de tres gotas por mazorca. Esta actividad se realizó en dos oportunidades y la dosis fue la misma utilizada con anterioridad.

K. Crecimiento de la Planta

Se verificó el normal desarrollo de la planta durante todo el desarrollo del trabajo de investigación, es así que el máximo desarrollo de la planta se logró aproximadamente a los 110 a 130 días después de la siembra.

L. Cosecha

La cosecha se realizó en forma manual y en el momento oportuno para evitar pérdidas de calidad del fruto.

M. Evaluación

La evaluación de las variables se registró en una ficha de datos, luego se ordenaron dejándolos listos para su procesamiento.

4.1.3 Materiales y equipos

Materiales de campo

- Tablero
- Fichas de datos
- Termómetro
- Vernier digital
- Cuchillo
- Chafle o machete
- Cinta métrica
- Baldes
- Cordel
- Bolsas

Materiales de escritorio

- Libreta de campo
- Tablero
- Lápiz

- Reglas
- Plumones indelebles
- Lapiceros
- Papel bond 75 gr
- Resaltador
- CD's
- USB

Equipos

- Computadora
- Cámara digital
- Balanza
- Mochila asperjadora

Insumos

- Microorganismos eficientes (EM)
- Melaza
- Úrea 46%
- Superfosfato simple de calcio 46%
- Cloruro de potasio 60%
- Semillas de maíz
- Fungicida (Homai) (Tiofanate metil + Tiram)

4.1.4. Tratamientos experimentales

- **Factor A: Dosis de Microorganismos eficientes**

- **A1:** 0 ml/mochila de 20 L
 - **A2:** 50 ml/mochila de 20 L
 - **A3:** 100 ml/mochila de 20 L
- **Factor B: Dosis de fertilización fosfatada**
- (Requerimientos nutricionales del cultivo de maíz para un rendimiento esperado de 9.5 ton/ha: N - 191 kg/ha, P₂O₅ - 89 kg/ha, K₂O - 235 kg/ha.)
- **B1:** 191 - 0 - 235 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O
 - **B2:** 191 - 23 - 235 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O
 - **B3:** 191 - 45 - 235 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O
 - **B4:** 191 - 89 - 235 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O

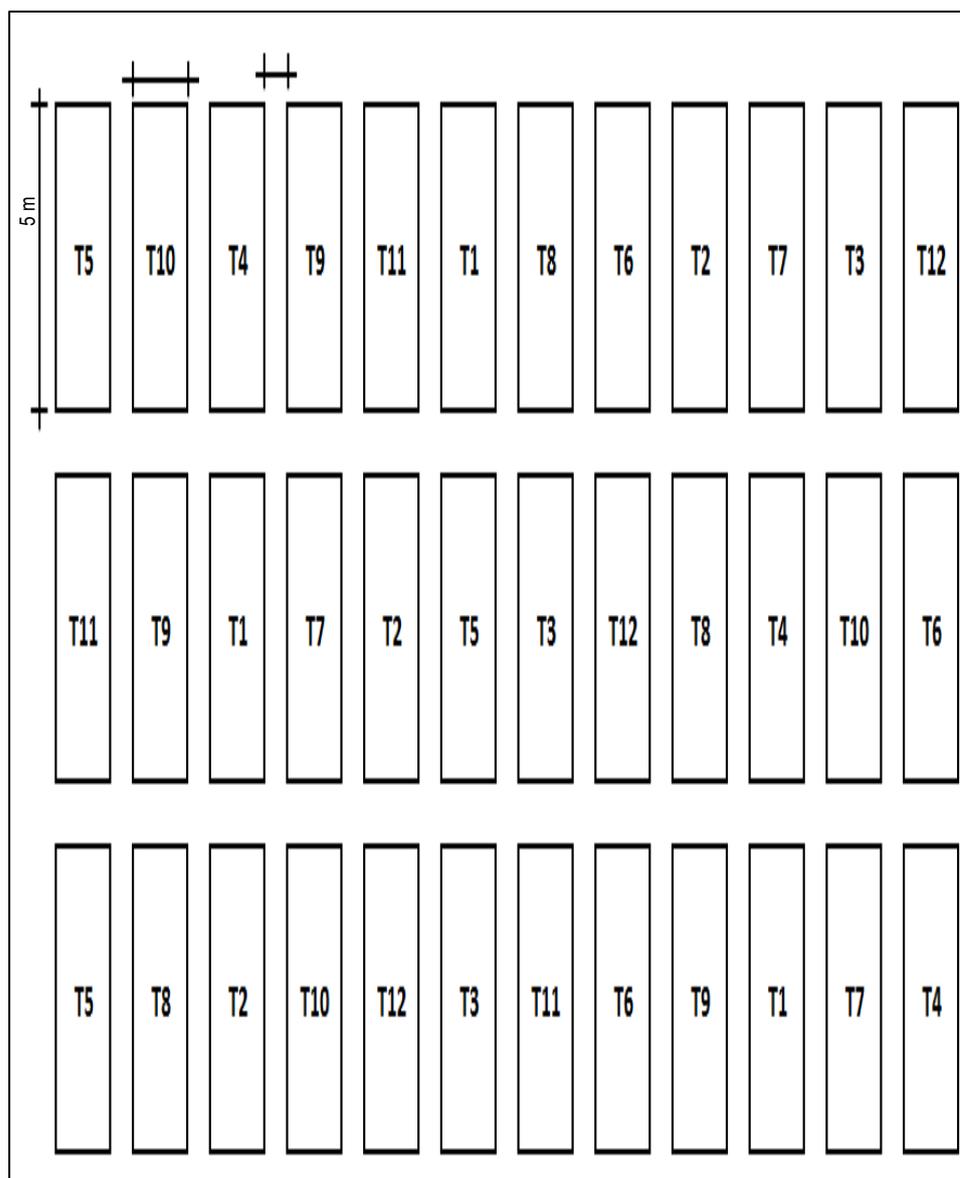
4.1.5. Descripción de los tratamientos

| No | Tratamiento | Descripción de la conformación de los tratamientos |
|----|-------------|---|
| 1 | T1 | 0 cc/moch de EM. + 150 - 0 - 80 kg/ha de N - P ₂ O ₅ - K ₂ O |
| 2 | T2 | 0 cc/moch de EM. + 150 - 50 - 80 kg/ha de N - P ₂ O ₅ - K ₂ O |
| 3 | T3 | 0 cc/moch de EM. + 150 - 100 - 80 kg/ha de N - P ₂ O ₅ - K ₂ O |
| 4 | T4 | 0 cc/moch de EM. + 150 - 150 - 80 kg/ha de N - P ₂ O ₅ - K ₂ O |
| 5 | T5 | 50 cc/moch de EM. + 150 - 0 - 80 kg/ha de N - P ₂ O ₅ - K ₂ O |
| 6 | T6 | 50 cc/moch de EM. + 150 - 50 - 80 kg/ha de N - P ₂ O ₅ - K ₂ O |

| | | |
|----|------------|---|
| 7 | T7 | 50 cc/moch de EM. + 150 - 100 - 80 kg/ha de N - P ₂ O ₅ - K ₂ O |
| 8 | T8 | 50 cc/moch de EM. + 150 - 150 - 80 kg/ha de N - P ₂ O ₅ - K ₂ O |
| 9 | T9 | 100 cc/moch de EM. + 150 - 0 - 80 kg/ha de N - P ₂ O ₅ - K ₂ O |
| 10 | T10 | 100 cc/moch de EM. + 150 - 50 - 80 kg/ha de N - P ₂ O ₅ - K ₂ O |
| 11 | T11 | 100 cc/moch de EM. + 150 - 100 - 80 kg/ha de N - P ₂ O ₅ - K ₂ O |
| 12 | T12 | 100 cc/moch de EM. + 150 - 150 - 80 kg/ha de N - P ₂ O ₅ - K ₂ O |

4.1.6. Croquis de campo

5 surcos



4.1.7. Evaluación de las variables

Las evaluaciones se realizaron al momento de la cosecha y las variables evaluadas fueron:

- **Número de mazorcas por planta (unid.)**

Se contó el número de mazorcas productivas a la cosecha.

- **Altura de planta (cm)**

Se midió desde el cuello de la planta hasta la base de la flor masculina y la unidad fue en centímetros.

- **Longitud de raíces (cm)**

Se midió desde el cuello de la planta hasta el extremo distal máxima de la raíz y la unidad fue en centímetros.

- **Diámetro de tallo (cm)**

Se midió a una altura de 10 a 15 centímetros del cuello de la planta y la unidad fue en centímetros.

- **Peso fresco de la planta (g)**

Se midió al final de la cosecha sin mazorcas y la unidad fue en gramos.

- **Longitud de mazorca (cm)**

Se midió desde la base de la tusa hasta el ápice de la misma y la unidad fue en centímetros.

- **Peso de grano seco/mazorca (g)**

Se midió después de secar los granos de las mazorcas y la unidad fue en gramos.

4.2 PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. Número de mazorcas por planta

Tabla 4.1. Análisis de Varianza para número de mazorcas por planta

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | fc | ft | | Sig. |
|--------------|-----------|--------------|------------------|-------|-------|---------------|----------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Bloques | 2 | 0.00037 | 0.00019 | 0.046 | 3.443 | 5.719 | n.s. |
| Factor A | 2 | 0.05612 | 0.02806 | 6.922 | 3.443 | 5.719 | ** |
| Factor B | 3 | 0.12120 | 0.04040 | 9.966 | 3.049 | 4.817 | ** |
| A x B | 6 | 0.02905 | 0.00484 | 1.194 | 2.549 | 3.758 | n.s. |
| Error | 22 | 0.08919 | 0.00405 | | | | |
| Total | 35 | 0.296 | | | | | |
| | | $s = 0.06$ | $\bar{x} = 1.08$ | | | $c.v. = 5.87$ | % |

En la Tabla 4.1. Análisis de Varianza para número de mazorcas por planta se observa que en la fuente para el factor A (dosis de microorganismos eficientes) existe diferencia estadística altamente significativa; para el factor B (dosis de fósforo) existe diferencia estadística altamente significativa y para la interacción del factor A por el factor B (dosis de microorganismos eficientes x dosis de fósforo) existe diferencia estadística altamente significativa.

El coeficiente de variabilidad de 5.87% es considerado según Calzada Benza (1970), como coeficiente excelente, lo que nos indica que el número de mazorcas por planta dentro de cada tratamiento es muy homogéneo, con un promedio de 1.08 mazorcas por planta.

La alta significación estadística para el factor A (dosis de microorganismos eficientes) nos indica que al menos una de las

dosis de los microorganismos eficientes es estadísticamente diferente, para el factor B (dosis de fósforo) nos indica que al menos una de las dosis de fósforo es estadísticamente diferente; asimismo para la interacción del factor A (dosis de microorganismos eficientes) x el factor B (dosis de fósforo) nos indica que al menos una interacción es estadísticamente diferente, asimismo las diferencias estadísticas nos indican que la dosis de microorganismos eficientes, la dosis de fósforo o la interacción de estos factores tienen efecto sobre el número de mazorcas por plantas en la producción del cultivo de maíz.

Tabla 4.2. Prueba de significación de Duncan al 5% para el factor A (Dosis de Microorganismos eficientes)

| OM | Factor A | Prom | Clasificación |
|-----------|-----------------|-------------|----------------------|
| 1 | a3 | 1.14 | a |
| 2 | a1 | 1.07 | b |
| 3 | a2 | 1.05 | b |

En la Tabla 4.2. prueba de significación de Duncan al 5% para el factor A (Dosis de Microorganismos eficientes), se observa la presencia de 2 categorías, la categoría “a” conformada por el sub factor a3 (100 ml de EM/moch. De 20L) y la categoría “b” conformada por los sub factores a1(0 ml de EM/moch. De 20L) y el a2 (50 ml de EM/moch. De 20L).

Tabla 4.3. Prueba de significación de Duncan al 5% para el factor B (Dosis de fósforo)

| OM | Factor B | Prom | Clasificación |
|----|----------|------|---------------|
| 1 | b4 | 1.15 | a |
| 2 | b3 | 1.14 | a |
| 3 | b2 | 1.03 | b |
| 4 | b1 | 1.02 | b |

En la Tabla 4.3. prueba de significación de Duncan al 5% para el factor B (Dosis de fósforo), se observa la presencia de 2 categorías, la categoría “a” conformada por los sub factores b4 (89 kg/ha P₂O₅) y b3 (45 kg/ha P₂O₅) y la categoría “b” conformada por los sub factores b2 (23 kg/ha P₂O₅) y b1 (0 kg/ha P₂O₅).

Tabla 4.4. Prueba de significación de Duncan al 5% para la interacción del Factor A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo)

| OM | Trat | Prom | Clasificación |
|----|------|------|---------------|
| 1 | a3b4 | 1.24 | a |
| 2 | a3b3 | 1.22 | a b |
| 3 | a1b3 | 1.12 | b c |
| 4 | a1b4 | 1.11 | b c d |
| 5 | a2b4 | 1.09 | c d |
| 6 | a2b3 | 1.06 | c d |
| 7 | a3b2 | 1.06 | c d |
| 8 | a1b2 | 1.03 | c d |
| 9 | a2b1 | 1.03 | c d |
| 10 | a3b1 | 1.03 | c d |
| 11 | a1b1 | 1.00 | d |
| 12 | a2b2 | 1.00 | d |

En la Tabla 4.4. prueba de significación de Duncan al 5% para la interacción del Factor A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo), se observa la presencia de 6 categorías, la categoría “a” conformada por la interacción a3b4 (100 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅), la categoría “ab” conformada por la interacción a3b3 (100 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅), la categoría “bc” conformada por la interacción a1b3 (0 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅), la categoría “bcd” conformada por la interacción a1b4 (0 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅), la categoría “cd” conformada por las interacciones a2b4 (50 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅), a2b3 (50 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅), a3b2 (100 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅), a1b2 (0 ml de EM, x 23 kg/ha P₂O₅), a2b1 (50 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅) y a3b1 (100 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅); y la categoría “d” conformada por las interacciones a1b1 (0 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅) y a2b2 (50 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅).

4.2.3 Altura de planta

Tabla 4.5. Análisis de Varianza para altura de planta

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | fc | ft | | Sig. |
|-----------------|----------|-------|------------------|---------|---------------|-------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Bloques | 2 | 0.001 | 0.001 | 0.093 | 3.443 | 5.719 | n.s. |
| Factor A | 2 | 2.157 | 1.078 | 186.221 | 3.443 | 5.719 | ** |
| Factor B | 3 | 0.343 | 0.114 | 19.717 | 3.049 | 4.817 | ** |
| A x B | 6 | 0.133 | 0.022 | 3.841 | 2.549 | 3.758 | ** |
| Error | 22 | 0.127 | 0.006 | | | | |
| Total | 35 | 2.761 | | | | | |
| | s = 0.08 | | \bar{x} = 2.08 | | c.v. = 3.65 % | | |

En la Tabla 4.5. Análisis de Varianza para altura de planta se observa que en la fuente para el factor A (dosis de microorganismos eficientes) existe diferencia estadística altamente significativa; para el factor B (dosis de fósforo) existe diferencia estadística altamente significativa y para la interacción del factor A por el factor B (dosis de microorganismos eficientes x dosis de fósforo) existe diferencia estadística altamente significativa.

El coeficiente de variabilidad de 3.65% es considerado según Calzada Benza (1970), como coeficiente excelente, lo que nos indica que la altura de planta dentro de cada tratamiento es muy homogéneo con un promedio de 2.08 m.

La alta significación estadística para el factor A (dosis de microorganismos eficientes) nos indica que al menos una de las dosis de los microorganismos eficientes es estadísticamente diferente, para el factor B (dosis de fósforo) nos indica que al menos una de las dosis de fósforo es estadísticamente diferente; asimismo para la interacción del factor A (dosis de microorganismos eficientes) x el factor B (dosis de fósforo) nos indica que al menos una interacción es estadísticamente diferente, asimismo las diferencias estadísticas nos indican que la dosis de microorganismos eficientes, la dosis de fósforo o la interacción de estos factores tienen efecto en la altura de planta en la producción del cultivo de maíz.

Tabla 4.6. Prueba de significación de Duncan al 5% para el factor A (Dosis de Microorganismos eficientes)

| OM | Factor A | Prom | Clasificación |
|-----------|-----------------|-------------|----------------------|
| 1 | a3 | 2.83 | a |
| 2 | a2 | 2.17 | b |
| 3 | a1 | 1.75 | c |

En la Tabla 4.6. prueba de significación de Duncan al 5% para el factor A (Dosis de Microorganismos eficientes), se observa la presencia de 3 categorías, la categoría “a” conformada por el sub factor a3 (100 ml de EM/moch. De 20L), la categoría “b” conformada por el sub factor a2 (50 ml de ME/moch. De 20L) y la categoría “c” conformada por el sub factor a1(0 ml de ME/moch. De 20L).

Tabla 4.7. Prueba de significación de Duncan al 5% para el factor B (Dosis de fósforo)

| OM | Factor B | Prom | Clasificación |
|-----------|-----------------|-------------|----------------------|
| 1 | b3 | 2.18 | a |
| 2 | b4 | 2.17 | a |
| 3 | b2 | 2.02 | b |
| 4 | b1 | 1.96 | b |

En la Tabla 4.7. prueba de significación de Duncan al 5% para el factor B (Dosis de fósforo), se observa la presencia de 2 categorías, la categoría “a” conformada por los sub factores b3 (45 kg/ha P₂O₅) y b4 (89 kg/ha P₂O₅) y la categoría “b” conformada por los sub factores b2 (23 kg/ha P₂O₅) y b1 (0 kg/ha P₂O₅).

Tabla 4.8. Prueba de significación de Duncan al 5% para la interacción del Factor A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo)

| OM | Trat | Prom | Clasificación | | |
|----|------|------|---------------|---|--|
| 1 | a3b3 | 2.36 | a | | |
| 2 | a3b4 | 2.33 | a | | |
| 3 | a3b2 | 2.33 | a | | |
| 4 | a3b1 | 2.30 | a | | |
| 5 | a2b4 | 2.29 | a | | |
| 6 | a2b3 | 2.26 | a | | |
| 7 | a2b2 | 2.08 | b | | |
| 8 | a2b1 | 2.03 | b | c | |
| 9 | a1b3 | 1.92 | c | | |
| 10 | a1b4 | 1.90 | c | | |
| 11 | a1b2 | 1.64 | d | | |
| 12 | a1b1 | 1.54 | d | | |

En la Tabla 4.8. prueba de significación de Duncan al 5% para la interacción del Factor A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo), se observa la presencia de 5 categorías, la categoría “a” conformada por las interacciones a3b3 (100 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅), a3b4 (100 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅), a3b2 (100 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅), a3b1 (100 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅), a2b4 (50 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅), a2b3 (50 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅); la categoría “b” conformada por la interacción a2b2 (50 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅); la categoría “bc” conformada por la interacción a2b1 (50 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅); la categoría “c” conformada por las interacciones, a1b3 (0 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅) y a1b4 (0 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅) y la categoría “d”

conformada por las interacciones a1b2 (0 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅) y a1b1 (0 ml de ME x 0 kg/ha P₂O₅).

4.2.2 Longitud de raíces

Tabla 4.9. Análisis de Varianza para longitud de raíces

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | fc | ft | | Sig. |
|----------|------|----------|-------------------|---------------|-------|-------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Bloques | 2 | 8.357 | 4.179 | 0.837 | 3.443 | 5.719 | n.s. |
| Factor A | 2 | 353.749 | 176.874 | 35.423 | 3.443 | 5.719 | ** |
| Factor B | 3 | 55.367 | 18.456 | 3.696 | 3.049 | 4.817 | * |
| A x B | 6 | 82.820 | 13.803 | 2.764 | 2.549 | 3.758 | * |
| Error | 22 | 109.849 | 4.993 | | | | |
| Total | 35 | 610.143 | | | | | |
| | | s = 2.23 | $\bar{x} = 25.71$ | c.v. = 8.69 % | | | |

En la Tabla 4.9. Análisis de Varianza para longitud de raíces se observa que en la fuente para el factor A (dosis de microorganismos eficientes) existe diferencia estadística altamente significativa; para el factor B (dosis de fósforo) existe diferencia estadística significativa y para la interacción del factor A por el factor B (dosis de microorganismos eficientes x dosis de fósforo) existe diferencia estadística significativa.

El coeficiente de variabilidad de 8.69% es considerado según Calzada Benza (1970), como coeficiente excelente, lo que nos indica que la longitud de raíces dentro de cada tratamiento es muy homogénea, con un promedio de 25.71 cm.

La alta significación estadística para el factor A (dosis de microorganismos eficientes) nos indica que al menos una de las dosis de los microorganismos eficientes es estadísticamente diferente, para el factor B (dosis de fósforo) nos indica que al menos una de las dosis de fósforo es estadísticamente diferente; asimismo para la interacción del factor A (dosis de microorganismos eficientes) x el factor B (dosis de fósforo) nos indica que al menos una interacción es estadísticamente diferente, asimismo las diferencias estadísticas nos indican que la dosis de microorganismos eficientes, la dosis de fósforo o la interacción de estos factores tienen efecto en la longitud de raíces en la producción del cultivo de maíz.

Tabla 4.10. Prueba de significación de Duncan al 5% para el factor A (Dosis de Microorganismos eficientes)

| OM | Factor A | Prom | Clasificación |
|-----------|-----------------|--------------|----------------------|
| 1 | a3 | 28.88 | a |
| 2 | a2 | 26.83 | b |
| 3 | a1 | 21.44 | c |

En la Tabla 4.10. prueba de significación de Duncan al 5% para el factor A (Dosis de Microorganismos eficientes), se observa la presencia de 3 categorías, la categoría “a” conformada por el sub factor a3 (100 ml de EM/moch. De 20L), la categoría “b” conformada por el sub factor a2 (50 ml de EM/moch. De 20L) y la categoría “c” conformada por el sub factor a1(0 ml de EM/moch. De 20L).

Tabla 4.11. Prueba de significación de Duncan al 5% para el factor B (Dosis de fósforo)

| OM | Factor B | Prom | Clasificación | |
|----|----------|-------|---------------|---|
| 1 | b4 | 26.97 | a | |
| 2 | b3 | 26.77 | a | |
| 3 | b2 | 25.20 | a | b |
| 4 | b1 | 23.92 | b | |

En la Tabla 4.11. prueba de significación de Duncan al 5% para el factor B (Dosis de fósforo), se observa la presencia de 3 categorías, la categoría “a” conformada por los sub factores b4 (89 kg/ha P₂O₅) y b3 (45 kg/ha P₂O₅); la categoría “ab” conformada por el sub factor b2 (23 kg/ha P₂O₅) y la categoría “b” conformada por el sub factor b1 (0 kg/ha P₂O₅).

Tabla 4.12. Prueba de significación de Duncan al 5% para la interacción del Factor A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo)

| OM | Trat | Prom | Clasificación | | |
|----|------|-------|---------------|---|---|
| 1 | a3b2 | 31.27 | a | | |
| 2 | a3b3 | 30.43 | a | | |
| 3 | a2b4 | 28.33 | a | b | |
| 4 | a2b3 | 27.67 | a | b | |
| 5 | a3b4 | 27.50 | a | b | |
| 6 | a3b1 | 26.30 | b | | |
| 7 | a2b1 | 25.97 | b | | c |
| 8 | a2b2 | 25.33 | b | | c |
| 9 | a1b4 | 25.07 | b | | c |
| 10 | a1b3 | 22.20 | c | | d |
| 11 | a1b1 | 19.50 | d | | |
| 12 | a1b2 | 19.00 | d | | |

En la Tabla 4.12. prueba de significación de Duncan al 5% para la interacción del Factor A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo), se observa la presencia de 6 categorías, la categoría “a” conformada por las interacciones a3b2 (100 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅) y a3b3 (100 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅); la categoría “ab” conformada por las interacciones a2b4 (50 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅), a2b3 (50 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅) y a3b4 (100 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅); la categoría “b” conformada por la interacción a3b1 (100 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅); la categoría “bc” conformada por las interacciones a2b1 (50 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅), a2b2 (50 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅) y a1b4 (0 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅); la categoría “cd” conformada por la interacción a1b3 (0 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅) y la categoría “d” conformada por las interacciones a1b1 (0 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅) y a1b2 (0 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅).

4.2.3. Diámetro del tallo

Tabla 4.13. Análisis de Varianza para el diámetro del tallo

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | fc | ft | | Sig. |
|-----------------|------|----------|------------------|--------|-------------|-------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Bloques | 2 | 0.061 | 0.031 | 0.440 | 3.443 | 5.719 | n.s. |
| Factor A | 2 | 6.885 | 3.443 | 49.450 | 3.443 | 5.719 | ** |
| Factor B | 3 | 0.080 | 0.027 | 0.382 | 3.049 | 4.817 | n.s. |
| A x B | 6 | 0.523 | 0.087 | 1.252 | 2.549 | 3.758 | n.s. |
| Error | 22 | 1.532 | 0.070 | | | | |
| Total | 35 | 9.081 | | | | | |
| | | s = 0.26 | \bar{x} = 3.35 | | c.v. = 7.87 | % | |

En la Tabla 4.13. Análisis de Varianza para diámetro de tallo se observa que en la fuente para el factor A (dosis de microorganismos eficientes) existe diferencia estadística altamente significativa; para el factor B (dosis de fósforo) existe diferencia estadística no significativa y para la interacción del factor A por el factor B (dosis de microorganismos eficientes x dosis de fósforo) existe diferencia estadística no significativa.

El coeficiente de variabilidad de 7.87% es considerado según Calzada Benza (1970), como coeficiente excelente, lo que nos indica que la longitud de raíces dentro de cada tratamiento es muy homogénea, con un promedio de 3.35 cm.

La alta significación estadística para el factor A (dosis de microorganismos eficientes) nos indica que al menos una de las dosis de los microorganismos eficientes es estadísticamente diferente, para el factor B (dosis de fósforo) nos indica que todas las dosis de fósforo estadísticamente no presentan diferencia entre ellas; asimismo para la interacción del factor A (dosis de microorganismos eficientes) x el factor B (dosis de fósforo) nos indica que todas las interacciones estadísticamente no presentan diferencia entre ellas, asimismo las diferencias estadísticas nos indican que la dosis de microorganismos eficientes tienen efecto en el diámetro de tallo; en contraste la dosis de fósforo o la interacción

de estos factores no tienen efecto diferenciado en la producción del cultivo de maíz.

Tabla 4.14. Prueba de significación de Duncan al 5% para el factor A (Dosis de Microorganismos eficientes)

| OM | Factor A | Prom | Clasificación |
|----|----------|------|---------------|
| 1 | a3 | 3.92 | a |
| 2 | a2 | 3.28 | b |
| 3 | a1 | 2.86 | c |

En la Tabla 4.14. prueba de significación de Duncan al 5% para el factor A (Dosis de Microorganismos eficientes), se observa la presencia de 3 categorías, la categoría “a” conformada por el sub factor a3 (100 ml de EM/moch. De 20L), la categoría “b” conformada por el sub factor a2 (50 ml de EM/moch. De 20L) y la categoría “c” conformada por el sub factor a1(0 ml de EM/moch. De 20L).

Tabla 4.15. Prueba de significación de Duncan al 5% para el factor B (Dosis de fósforo)

| OM | Factor B | Prom | Clasificación |
|----|----------|------|---------------|
| 1 | b4 | 3.40 | a |
| 2 | b2 | 3.37 | a |
| 3 | b3 | 3.36 | a b |
| 4 | b1 | 3.28 | b |

En la Tabla 4.15. prueba de significación de Duncan al 5% para el factor B (Dosis de fósforo), se observa la presencia de 3 categorías, la categoría “a” conformada por los sub factores b4 (89 kg/ha P₂O₅)

y b2 (23 kg/ha P₂O₅); la categoría “ab” conformada por el sub factor b3 (45 kg/ha P₂O₅) y la categoría “b” conformada por el sub factor b1 (0 kg/ha P₂O₅).

Tabla 4.16. Prueba de significación de Duncan al 5% para la interacción del Factor A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo)

| OM | Trat | Prom | Clasificación | | | | | |
|----|------|------|---------------|---|---|---|---|---|
| 1 | a3b4 | 4.11 | a | | | | | |
| 2 | a3b3 | 4.03 | a | | | | | |
| 3 | a3b2 | 3.87 | a | b | | | | |
| 4 | a3b1 | 3.66 | a | b | c | | | |
| 5 | a2b1 | 3.41 | | b | c | d | | |
| 6 | a2b2 | 3.39 | | b | c | d | e | |
| 7 | a2b3 | 3.19 | | | c | d | e | f |
| 8 | a2b4 | 3.13 | | | | d | e | f |
| 9 | a1b4 | 2.97 | | | | | e | f |
| 10 | a1b2 | 2.85 | | | | | | f |
| 11 | a1b3 | 2.85 | | | | | | f |
| 12 | a1b1 | 2.75 | | | | | | f |

En la Tabla 4.16. prueba de significación de Duncan al 5% para la interacción del Factor A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo), se observa la presencia de 10 categorías, la categoría “a” conformada por las interacciones a3b4 (100 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅) y a3b3 (100 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅); la categoría “ab” conformada por la interacción a3b2 (100 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅); la categoría “abc” conformada por la interacción a3b1 (100 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅); la categoría “bcd” conformada por la interacción a2b1 (50 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅);

la categoría “bcde” conformada por la interacción a2b2 (50 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅); la categoría “cdef” conformada por la interacción a2b3 (50 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅); la categoría “def” conformada por la interacción a2b4 (50 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅);); la categoría “ef” conformada por la interacción a1b4 (0 ml de ME x 89 kg/ha P₂O₅) y la categoría “f” conformada por las interacciones a1b2 (0 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅), a1b3 (0 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅) y a1b1 (0 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅).

4.2.4. Peso fresco de planta

Tabla 4.17. Análisis de Varianza para peso fresco de planta

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | fc | ft | | Sig. |
|-----------------|------|-----------|--------------------|--------|-------------|-------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Bloques | 2 | 177.389 | 88.694 | 0.932 | 3.443 | 5.719 | n.s. |
| Factor A | 2 | 11510.056 | 5755.028 | 60.465 | 3.443 | 5.719 | ** |
| Factor B | 3 | 4973.861 | 1657.954 | 17.419 | 3.049 | 4.817 | ** |
| A x B | 6 | 814.389 | 135.731 | 1.426 | 2.549 | 3.758 | n.s. |
| Error | 22 | 2093.944 | 95.179 | | | | |
| Total | 35 | 19569.639 | | | | | |
| | | s = 9.76 | \bar{x} = 238.31 | | c.v. = 4.09 | % | |

En la Tabla 4.17. Análisis de Varianza para peso fresco de planta se observa que en la fuente para el factor A (dosis de microorganismos eficientes) existe diferencia estadística altamente significativa; para el factor B (dosis de fósforo) existe diferencia estadística altamente significativa y para la interacción del factor A por el factor B (dosis de microorganismos eficientes x dosis de fósforo) existe diferencia estadística no significativa.

El coeficiente de variabilidad de 4.09% es considerado según Calzada Benza (1970), como coeficiente excelente, lo que nos indica que el peso fresco de planta dentro de cada tratamiento es muy homogéneo, con un promedio de 238.31 cm.

La alta significación estadística para el factor A (dosis de microorganismos eficientes) nos indica que al menos una de las dosis de los microorganismos eficientes es estadísticamente diferente, para el factor B (dosis de fósforo) nos indica que al menos una de las dosis de fósforo es estadísticamente diferente; asimismo para la interacción del factor A (dosis de microorganismos eficientes) x el factor B (dosis de fósforo) nos indica que todas las interacciones estadísticamente no presentan diferencia entre ellas, asimismo las diferencias estadísticas nos indican que la dosis de microorganismos eficientes y la dosis de fósforo tienen efecto en el peso fresco de planta; en contraste la interacción de estos factores no tienen efecto diferenciado en el peso fresco de planta, en la producción del cultivo de maíz.

Tabla 4.18. Prueba de significación de Duncan al 5% para el factor

A (Dosis de Microorganismos eficientes)

| OM | Factor A | Prom | Clasificación |
|-----------|-----------------|-------------|----------------------|
| 1 | a3 | 259.58 | a |
| 2 | a2 | 239.50 | b |
| 3 | a1 | 215.83 | c |

En la Tabla 4.18. prueba de significación de Duncan al 5% para el factor A (Dosis de Microorganismos eficientes), se observa la presencia de 3 categorías, la categoría “a” conformada por el sub factor a3 (100 ml de EM/moch. De 20L), la categoría “b” conformada por el sub factor a2 (50 ml de EM/moch. De 20L) y la categoría “c” conformada por el sub factor a1(0 ml de EM/moch. De 20L).

Tabla 4.19. Prueba de significación de Duncan al 5% para el factor B (Dosis de fósforo)

| OM | Factor B | Prom | Clasificación |
|-----------|-----------------|-------------|----------------------|
| 1 | b3 | 247.78 | a |
| 2 | b4 | 245.67 | a |
| 3 | b2 | 241.44 | a |
| 4 | b1 | 218.33 | b |

En la Tabla 4.19. prueba de significación de Duncan al 5% para el factor B (Dosis de fósforo), se observa la presencia de 2 categorías, la categoría “a” conformada por los sub factores b3 (45 kg/ha P₂O₅), b4 (89 kg/ha P₂O₅) y b2 (23 kg/ha P₂O₅); y la categoría “b” conformada por el sub factor b1 (0 kg/ha P₂O₅).

Tabla 4.20. Prueba de significación de Duncan al 5% para la interacción del Factor A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo)

| OM | Trat | Prom | Clasificación |
|----|------|--------|---------------|
| 1 | a3b4 | 272.33 | a |
| 2 | a3b3 | 268.33 | a |
| 3 | a3b2 | 266.67 | a b |
| 4 | a2b4 | 250.00 | b c |
| 5 | a2b3 | 247.00 | c d |
| 6 | a2b2 | 238.33 | c d e |
| 7 | a3b1 | 231.00 | d e f |
| 8 | a1b3 | 228.00 | e f |
| 9 | a2b1 | 222.67 | e f |
| 10 | a1b2 | 219.33 | f g |
| 11 | a1b4 | 214.67 | f g |
| 12 | a1b1 | 201.33 | g |

En la Tabla 4.20. prueba de significación de Duncan al 5% para la interacción del Factor A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo), se observa la presencia de 9 categorías, la categoría “a” conformada por las interacciones a3b4 (100 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅) y a3b3 (100 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅); la categoría “ab” conformada por la interacción a3b2 (100 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅); la categoría “bc” conformada por la interacción a2b4 (50 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅); la categoría “cd” conformada por la interacción a2b3 (50 ml de ME x 45 kg/ha P₂O₅); la categoría “cde” conformada por la interacción a2b2 (50 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅); la categoría “def” conformada por la interacción a3b1 (100 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅); la categoría “ef” conformada por las interacciones a1b3 (0 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅) y a2b1 (50 ml de EM x 0 kg/ha

P₂O₅); la categoría “fg” conformada por las interacciones a1b2 (0 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅) y a1b4 (0 ml de ME x 89 kg/ha P₂O₅) y la categoría “f” conformada por la interacción a1b1 (0 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅).

4.2.5. Longitud de mazorca

Tabla 4.21. Análisis de Varianza para longitud de mazorca

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | | Sig. |
|-----------------|------|----------|-------------------|--------|-------------|-------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Bloques | 2 | 3.753 | 1.876 | 1.696 | 3.443 | 5.719 | n.s. |
| Factor A | 2 | 109.596 | 54.798 | 49.534 | 3.443 | 5.719 | ** |
| Factor B | 3 | 43.536 | 14.512 | 13.118 | 3.049 | 4.817 | ** |
| A x B | 6 | 1.233 | 0.206 | 0.186 | 2.549 | 3.758 | n.s. |
| Error | 22 | 24.338 | 1.106 | | | | |
| Total | 35 | 182.456 | | | | | |
| | | s = 1.05 | \bar{x} = 13.74 | | c.v. = 7.65 | % | |

En la Tabla 4.21. Análisis de Varianza para longitud de mazorca se observa que en la fuente para el factor A (dosis de microorganismos eficientes) existe diferencia estadística altamente significativa; para el factor B (dosis de fósforo) existe diferencia estadística altamente significativa y para la interacción del factor A por el factor B (dosis de microorganismos eficientes x dosis de fósforo) existe diferencia estadística no significativa.

El coeficiente de variabilidad de 7.65% es considerado según Calzada Benza (1970), como coeficiente excelente, lo que nos indica que la longitud de mazorca dentro de cada tratamiento es muy homogénea, con un promedio de 13.74 cm.

La alta significación estadística para el factor A (dosis de microorganismos eficientes) nos indica que al menos una de las dosis de los microorganismos eficientes es estadísticamente diferente, para el factor B (dosis de fósforo) nos indica que al menos una de las dosis de fósforo es estadísticamente diferente; asimismo para la interacción del factor A (dosis de microorganismos eficientes) x el factor B (dosis de fósforo) nos indica que todas las interacciones estadísticamente no presentan diferencia entre ellas, asimismo las diferencias estadísticas nos indican que la dosis de microorganismos eficientes y la dosis de fósforo tienen efecto en la longitud de mazorcas; en contraste la interacción de estos factores no tienen efecto diferenciado en la longitud de mazorcas en la producción del cultivo de maíz.

Tabla 4.22. Prueba de significación de Duncan al 5% para el factor A (Dosis de Microorganismos eficientes)

| OM | Factor A | Prom | Clasificación |
|----|----------|-------|---------------|
| 1 | a3 | 15.40 | a |
| 2 | a2 | 14.49 | b |
| 3 | a1 | 11.33 | c |

En la Tabla 4.22. prueba de significación de Duncan al 5% para el factor A (Dosis de Microorganismos eficientes), se observa la presencia de 3 categorías, la categoría “a” conformada por el sub factor a3 (100 ml de EM/moch. De 20L), la categoría “b” conformada

por el sub factor a2 (50 ml de EM/moch. De 20L) y la categoría “c” conformada por el sub factor a1(0 ml de EM/moch. De 20L).

Tabla 4.23. Prueba de significación de Duncan al 5% para el factor B (Dosis de fósforo)

| OM | Factor B | Prom | Clasificación |
|----|----------|-------|---------------|
| 1 | b3 | 14.72 | a |
| 2 | b4 | 14.57 | a |
| 3 | b2 | 13.74 | a |
| 4 | b1 | 11.95 | b |

En la Tabla 4.23. prueba de significación de Duncan al 5% para el factor B (Dosis de fósforo), se observa la presencia de 2 categorías, la categoría “a” conformada por los sub factores b3 (45 kg/ha P₂O₅), b4 (89 kg/ha P₂O₅) y b2 (23 kg/ha P₂O₅); y la categoría “b” conformada por el sub factor b1 (0 kg/ha P₂O₅).

Tabla 4.24. Prueba de significación de Duncan al 5% para la interacción del Factor A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo)

| OM | Trat | Prom | Clasificación | | | | | | |
|----|------|-------|---------------|---|---|---|---|---|---|
| 1 | a3b4 | 16.43 | a | | | | | | |
| 2 | a3b3 | 16.11 | a | b | | | | | |
| 3 | a2b3 | 15.77 | a | b | | | | | |
| 4 | a3b2 | 15.23 | a | b | c | | | | |
| 5 | a2b4 | 15.03 | a | b | c | | | | |
| 6 | a2b2 | 14.55 | | b | c | d | | | |
| 7 | a3b1 | 13.83 | | | c | d | e | | |
| 8 | a2b1 | 12.62 | | | | d | e | f | |
| 9 | a1b3 | 12.27 | | | | | e | f | |
| 10 | a1b4 | 12.23 | | | | | e | f | |
| 11 | a1b2 | 11.43 | | | | | | f | g |
| 12 | a1b1 | 9.39 | | | | | | | g |

En la Tabla 4.24. prueba de significación de Duncan al 5% para la interacción del Factor A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo), se observa la presencia de 9 categorías, la categoría “a” conformada por la interacción a3b4 (100 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅); la categoría “ab” conformada por las interacciones a3b3 (100 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅) y a2b3 (50 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅); la categoría “abc” conformada por las interacciones a3b2 (100 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅) y a2b4 (50 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅); la categoría “bcd” conformada por la interacción a2b2 (50 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅); la categoría “cde” conformada por la interacción a3b1 (100 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅); la categoría “def” conformada por la interacción a2b1 (50 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅); la categoría “ef” conformada por las interacciones a1b3 (0 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅) y a1b4 (0 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅); la categoría “fg” conformada por la interacción a1b2 (0 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅) y la categoría “g” conformada por la interacción a1b1 (0 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅).

4.2.6. Peso de grano por mazorca

Tabla 4.21. Análisis de Varianza para peso de grano por mazorca

| F. de V. | G.L. | S.C. | C.M. | F _c | F _t | | Sig. |
|--------------|-----------|------------------|--------------------|----------------|----------------|-------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Bloques | 2 | 87.167 | 43.583 | 0.743 | 3.443 | 5.719 | n.s. |
| Factor A | 2 | 6175.167 | 3087.583 | 52.650 | 3.443 | 5.719 | ** |
| Factor B | 3 | 6711.222 | 2237.074 | 38.147 | 3.049 | 4.817 | ** |
| A x B | 6 | 1897.278 | 316.213 | 5.392 | 2.549 | 3.758 | ** |
| Error | 22 | 1290.167 | 58.644 | | | | |
| Total | 35 | 16161.000 | | | | | |
| | | s = 7.66 | $\bar{x} = 121.17$ | | c.v. = 6.32 | % | |

En la Tabla 4.21. Análisis de Varianza para peso de grano por mazorca se observa que en la fuente para el factor A (dosis de microorganismos eficientes) existe diferencia estadística altamente significativa; para el factor B (dosis de fósforo) existe diferencia estadística altamente significativa y para la interacción del factor A por el factor B (dosis de microorganismos eficientes x dosis de fósforo) existe diferencia estadística altamente significativa.

El coeficiente de variabilidad de 6.32% es considerado según Calzada Benza (1970), como coeficiente excelente, lo que nos indica que el peso de grano por mazorca dentro de cada tratamiento es muy homogéneo, con un promedio de 121.17 g.

La alta significación estadística para el factor A (dosis de microorganismos eficientes) nos indica que al menos una de las

dosis de los microorganismos eficientes es estadísticamente diferente, para el factor B (dosis de fósforo) nos indica que al menos una de las dosis de fósforo es estadísticamente diferente; asimismo para la interacción del factor A (dosis de microorganismos eficientes) x el factor B (dosis de fósforo) nos indica que al menos una interacción es estadísticamente diferente, asimismo las diferencias estadísticas nos indican que la dosis de microorganismos eficientes, la dosis de fósforo o la interacción de estos factores tienen efecto en el peso de grano por mazorca en la producción del cultivo de maíz.

Tabla 4.22. Prueba de significación de Duncan al 5% para el factor A (Dosis de Microorganismos eficientes)

| OM | Factor A | Prom | Clasificación |
|-----------|-----------------|-------------|----------------------|
| 1 | a3 | 134.42 | a |
| 2 | a2 | 125.75 | b |
| 3 | a1 | 103.33 | c |

En la Tabla 4.22. prueba de significación de Duncan al 5% para el factor A (Dosis de Microorganismos eficientes), se observa la presencia de 3 categorías, la categoría “a” conformada por el sub factor a3 (100 ml de EM/moch. De 20L), la categoría “b” conformada por el sub factor a2 (50 ml de EM/moch. De 20L) y la categoría “c” conformada por el sub factor a1(0 ml de EM/moch. De 20L).

Tabla 4.23. Prueba de significación de Duncan al 5% para el factor B (Dosis de fósforo)

| OM | Factor B | Prom | Clasificación | |
|----|----------|--------|---------------|---|
| 1 | b4 | 140.00 | a | |
| 2 | b3 | 125.78 | | b |
| 3 | b2 | 116.33 | | c |
| 4 | b1 | 102.56 | | d |

En la Tabla 4.23. prueba de significación de Duncan al 5% para el factor B (Dosis de fósforo), se observa la presencia de 4 categorías, la categoría “a” conformada por el sub factor b4 (89 kg/ha P₂O₅); la categoría “b” conformada por el sub factor b3 (45 kg/ha P₂O₅); la categoría “c” conformada por el sub factor b2 (23 kg/ha P₂O₅) y la categoría “d” conformada por el sub factor b1 (0 kg/ha P₂O₅).

Tabla 4.24. Prueba de significación de Duncan al 5% para la interacción del Factor A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo)

| OM | Trat | Prom | Clasificación | | | |
|----|------|--------|---------------|---|---|-----|
| 1 | a3b4 | 166.67 | a | | | |
| 2 | a3b3 | 142.33 | | b | | |
| 3 | a2b4 | 138.00 | | b | | |
| 4 | a2b3 | 134.67 | | b | c | |
| 5 | a2b2 | 123.33 | | | c | d |
| 6 | a3b2 | 123.00 | | | c | d |
| 7 | a1b4 | 115.33 | | | | d e |
| 8 | a2b1 | 107.00 | | | | e f |
| 9 | a3b1 | 105.67 | | | | e f |
| 10 | a1b2 | 102.67 | | | | e f |
| 11 | a1b3 | 100.33 | | | | f |
| 12 | a1b1 | 95.00 | | | | f |

En la Tabla 4.24. prueba de significación de Duncan al 5% para la interacción del Factor A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo), se observa la presencia de 7 categorías, la categoría “a” conformada por la interacción a3b4 (100 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅); la categoría “b” conformada por las interacciones a3b3 (100 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅) y a2b4 (50 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅); la categoría “bc” conformada por la interacción a2b3 (50 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅); la categoría “cd” conformada por las interacciones a2b2 (50 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅) y a3b2 (100 ml de ME x 23 kg/ha P₂O₅); la categoría “de” conformada por la interacción a1b4 (0 ml de EM x 89 kg/ha P₂O₅); la categoría “ef” conformada por las interacciones a2b1 (50 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅), a3b1 (100 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅) y a1b2 (0 ml de EM x 23 kg/ha P₂O₅) y la categoría “f” conformada por las interacciones a1b3 (0 ml de EM x 45 kg/ha P₂O₅) y a1b1 (0 ml de EM x 0 kg/ha P₂O₅).

4.3 PRUEBA DE HIPOTESIS

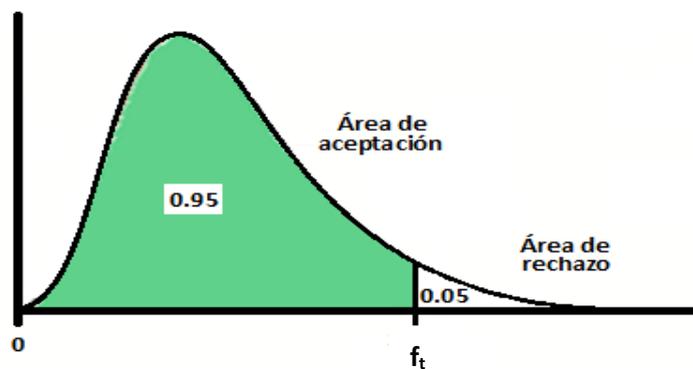
Para realizar la prueba de hipótesis del trabajo de investigación, realizaremos el planteamiento de la hipótesis estadística a partir de la hipótesis planteada.

Es así que tenemos:

H₀: *Todas las medias de los tratamientos son mayores al valor de la f_{tab}*

H_a: *Al menos una media de un tratamiento es diferente.*

4.3.1. Regla de decisión



Si $f \leq$ valor de tabla, se acepta la H_0 , y se rechaza la H_a

Si $f >$ valor de tabla, se rechaza la H_0 , y se acepta la H_a

| Variable | Factor | f_{cal} | f_{tab} | Decisión |
|-----------------------|--------|-----------|-----------|---------------------------------------|
| No de mazorcas/planta | A | 6.922 | 3.443 | Se rechaza la H_0 |
| | B | 9.966 | 3.049 | Se rechaza la H_0 |
| | AB | 1.194 | 2.549 | <i>Se acepta la H_0</i> |
| Altura de planta | A | 186.221 | 3.443 | Se rechaza la H_0 |
| | B | 19.717 | 3.049 | Se rechaza la H_0 |
| | AB | 3.841 | 2.549 | Se rechaza la H_0 |
| Longitud de raíces | A | 35.423 | 3.443 | Se rechaza la H_0 |
| | B | 3.096 | 3.049 | Se rechaza la H_0 |
| | AB | 2.764 | 2.549 | Se rechaza la H_0 |

| | | | | |
|-----------------------|----|--------|-------|-------------------------|
| Diámetro de tallo | A | 49.450 | 3.443 | Se rechaza la Ho |
| | B | 0.382 | 3.049 | <i>Se acepta la Ho</i> |
| | AB | 1.252 | 2.549 | <i>Se acepta la Ho</i> |
| Peso fresco de planta | A | 60.465 | 3.443 | Se rechaza la Ho |
| | B | 17.419 | 3.049 | Se rechaza la Ho |
| | AB | 1.426 | 2.549 | <i>Se acepta la Ho</i> |
| Longitud de mazorca | A | 49.534 | 3.443 | Se rechaza la Ho |
| | B | 13.118 | 3.049 | Se rechaza la Ho |
| | AB | 0.186 | 2.549 | <i>Se acepta la Ho</i> |
| Peso de grano/mazorca | A | 52.650 | 3.443 | Se rechaza la Ho |
| | B | 38.147 | 3.049 | Se rechaza la Ho |
| | AB | 5.392 | 2.549 | Se rechaza la Ho |

4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente investigación, se evaluó el efecto de los microorganismos eficientes (EM) en la asimilación del fósforo en el cultivo de maíz. A partir del análisis de varianza realizados a las variables en estudio (número de mazorcas por planta, altura de planta, longitud de raíces, diámetro de tallo, peso fresco de planta, longitud de mazorca y peso de grano por mazorca), se determinó que todas las medias de los tratamientos para el factor A (dosis de EM) son diferentes en todas las variables estudiadas, esto es confirmado por Alcocer (2015), quien manifiesta que al incrementar la dosis de microorganismos eficientes, se incrementa los valores en las medidas de las variables estudiadas; y de la misma manera Hernandez (2013), quien manifiesta que el efecto de la aplicación de microorganismos benéficos a los suelos es el incremento de sus efectos sinérgicos, teniendo como resultados un Incremento hasta de un 30% en los rendimientos.

En la asimilación del fósforo, los análisis de varianza realizados a las variables en estudio (número de mazorcas por planta, altura de planta, longitud de raíces, diámetro de tallo, peso fresco de planta, longitud de mazorca y peso de grano por mazorca), se determinó que todas las medias de los tratamientos para el factor B (dosis de fósforo) son diferentes en todas las variables estudiadas a excepción de la variable diámetro de tallo en la que las medias de los tratamientos no tienen diferencia, esto es corroborado por García (2015), quien manifiesta que: la respuesta de los cultivos a la fertilización fosfatada depende del nivel de P disponible en suelo, pero también es afectada por factores del suelo, del cultivo y de manejo del fertilizante, entre los factores del suelo se destacan la textura, la temperatura, el contenido de materia orgánica y el pH. Además, Fundación Chile (2011), manifiesta que el vigor se va a medir de acuerdo al grosor de la caña (tallo) y a la altura de la planta. Se va a considerar como hito para asegurar un buen rendimiento, grosores de tallo superiores a 1,5 cm (diámetro de tallo se mide en el sector del tallo ubicado bajo la hoja de la mazorca).

Para la interacción de los factores A (Dosis de microorganismos eficientes) x Factor B (Dosis de fósforo), el análisis de varianza determinó que existe diferencia entre los promedios de los tratamientos para las variables altura de planta, longitud de raíces y peso de grano por mazorca, esto es confirmado por Azcón – Bieto y Talón (1993), quienes manifiestan que las auxinas en la formación de órganos, estimulación de la división celular, síntesis del RNA y de proteínas, dominancia apical, son un grupo de

fitohormonas que actúan como reguladores del crecimiento vegetal. Las giberelinas su aplicación exógena producen una amplia variedad de respuestas en el desarrollo. La inducción del crecimiento del tallo es probablemente, el efecto fisiológico más espectacular de las giberelinas. De la misma manera, para la variable peso de granos por mazorca, la mayor dosis de microorganismos eficientes por la mayor dosis de fósforo ocupó el primer lugar, esto es confirmado por Okumoto (2006), quien manifiesta que a mayor dosis de EM/ha. mayor es el peso de granos por mazorca de las plantas del maíz amarillo duro M28-T. Los microorganismos eficientes crecen, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas. En general, las hormonas activan tanto la división como el alargamiento celular, y dirigen y activan el flujo de nutrientes (Marcelo, 2006), incrementando el peso de granos por mazorca, tal como lo menciona (Bayron, 2004); en contraste, para las demás variables estudiadas (número de mazorcas por planta, diámetro de tallo, peso fresco de planta y longitud de mazorca) el análisis de varianza determinó que no existe diferencia entre los promedios de los tratamientos.

CONCLUSIONES

El efecto de los microorganismos eficientes (EM) en la asimilación del fósforo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), fué observado en las variables altura de planta, longitud de raíces y peso de grano por mazorca; donde se observa que existe diferencia entre los promedios de los tratamientos, mientras que, para las demás variables, no existe diferencia entre los promedios de los tratamientos.

La dosis de microorganismos eficientes (EM) para la asimilación del fósforo proveniente de una fuente fosfatada en el cultivo de maíz; es efectiva en la medida en que se incrementa la dosis de Microorganismos Eficientes, esto es confirmado por Alcocer (2015), quien manifiesta que al incrementar la dosis de microorganismos eficientes, se incrementa los valores en las medidas de las variables estudiadas; y de la misma manera Hernandez (2013), quien manifiesta que el efecto de la aplicación de microorganismos benéficos a los suelos es el incremento de sus efectos sinérgicos, teniendo como resultados un Incremento hasta de un 30% en los rendimientos.

La asimilación de la fertilización fosfatada ante la presencia de microorganismos eficientes (EM) en el cultivo de maíz, es determinada por la cantidad de fósforo aplicado al cultivo, ya que la disponibilidad del fósforo depende los principales géneros y mecanismos de acción de las bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSF), esto es corroborado por García (2015), quien manifiesta que: la respuesta de los cultivos a la fertilización fosfatada depende del nivel de P disponible en suelo, pero también es afectada por factores del suelo, del cultivo

y de manejo del fertilizante, entre los factores del suelo se destacan la textura, la temperatura, el contenido de materia orgánica y el pH

RECOMENDACIONES

1. Continuar con trabajos de investigación buscando confirmar los resultados obtenidos en la presente investigación, asimismo probar con otras fuentes de fertilizantes orgánicos e inorgánicos.
2. Promover la utilización de los microorganismos eficientes, conjuntamente con la fertilización para mejorar los rendimientos en los cultivos.
3. Promover la fertilización orgánica e inorgánica de los cultivos para lograr incrementar los rendimientos.
4. Promover la producción de maíz bajo condiciones de fertilización y aplicación de microorganismos eficientes, ya que en conjunto se asegura la asimilación de los nutrientes.

BIBLIOGRAFIA

1. **Alexander, M. 1987.** Introduction of soil microbiology. New York. Ed. Wiley and Sons. P 83-88.
2. **Aloni, R. & Griffith, M. 1991.** Functional xylem anatomy in the root-shoot junctions of six cereal species. *Planta*, 184: 123-129.
3. **APNAN. 2003.** Red de Agricultura natural de para la Región Asia/Pacífico. Manual de Aplicación. Disponible en: www.apnam.com.
4. **Azabache, A. 2003.** Fertilidad de suelos para una agricultura sostenible. Huancayo, Peru.
5. Biosca, A. 2001. Qué son microorganismos eficientes?. Disponible en: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080731132826aa6mgbr>
6. **Bobadilla, C, y Rincón, S. 2008.** Tesis: Aislamiento y evaluación de bacterias fosfato solubilizadoras a partir de compost obtenido de residuos plaza. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera de Microbiología Industrial. Bogotá, D.C.
7. **Caroline, R.C., Jacobs, S.W.L. & Vesk, M. 1973.** The structure of the cells of the mesophyll and parenchymatous bundle sheath of the Gramineae. *Bot. J. Linn. Soc.*, 66: 259-275.
8. **Castañedo, P. 1990.** El maíz y su cultivo. Editorial AGT Editor S.A. primera edición México, D.F. México. Pág. 248 - 256
9. **Cazco, C. 2006.** Maíz *Cultivos andinos*. Clase tercer año de ingeniería agropecuaria. Universidad Técnica del Norte. Ibarra – Ecuador.

10. **Cheng, P.C. & Pareddy, D.R.** 1994. Morphology and development of the tassel and ear. *In* M. Freeling & V. Walbot, eds. *The maize handbook*, p. 37-47. New York, NY, USA, Springer-Verlag.
11. **Cheng, P.C., Greyson, R.I. & Walden, D.B.** 1983. Organ initiation and the development of unisexual flowers in the tassel and ear of *Zea mays*. *Am. J. Bot.*, 70: 450-462.
12. **Dellaporta, S.L. & Calderón-Urrea, A.** 1994. The sex determination process in maize. *Science*, 94: 1501.
13. **EARTH.** 2008. Tecnología EM. EMRO (Effective Microorganismo Research Organization Inc.) Limon. Costa Rica. 16pg.
14. **Esau, K.** 1977. *Anatomy of seed plants*, 2nd ed. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons.
15. **Feldman, L.** 1994. The maize root. *In* M. Freeling & V. Walbot, eds. *The maize handbook*, p. 29-37. New York, NY, USA, Springer-Verlag.
16. **Freeling, M. & Lane, B.** 1994. The maize leaf. *In* M. Freeling & V. Walbot, eds. *The maize handbook*, p. 17-28. New York, NY, USA, Springer-Verlag.
17. **Fuster, E.** 1974. Botánica. Editorial KAPELUSZ, Primera edición, Buenos Aires, Argentina Pág.1-7
18. **Galinat, W.C.** 1959. The phytomer in relation to floral homologies in the American Maydeae. *Bot. Mus. Leafl. Harv. Univ.*, 19: 1-32.
19. **Galinat, W.C.** 1994. The patterns of plant structures in maize. *In* M. Freeling & V. Walbot, eds. *The maize handbook*, p. 61-65. New York, NY, USA, Springer-Verlag.

20. **Gostincar, J. 1998.** Técnicas Agrícolas En Cultivos Extensivos BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA, Segunda edición, Editorial Idea Books S.A. España Pág. 383-394
21. **Gutiérrez, M., Gracen, V.E. & Edwards, G.E. 1974.** Biochemical and cytological relationships in C4 plants. *Planta*, 119: 279-300.
22. **Hanway, J.J. & Ritchie, S.W. 1987.** Zea mays. In H. Halvey, ed. *Handbook of flowering*, vol. 4. Boca Raton, FL, USA, CRC Press.
23. **Hernández, A., Rives, N., Caballero, A., Hernández, A. y Heydrich, M. 2004.** Caracterización de rizobacterias asociadas al cultivo del maíz en la producción de metabolitos del tipo AIA, sideróforos y ácido salicílico. Universidad Nacional de Colombia. Revista Colombiana de Biotecnología, Instituto de Biotecnología. Bogotá, Colombia.
24. **Hunter, J.W. & Dalbey, N.E. 1937.** A histological study of stalk-breaking in maize. *Amer. J. Bot.*, 24: 492-494.
25. **Hurtado. 2001.** ¿Qué son microorganismos eficientes?. Disponible en: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080731132826aa6mgb>
26. **IDIAF. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales 2009.** Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura. Disponible en: <http://www.idiaf.org.do/noticias/detallemain.php?recordID=971>
27. **IMPOFOS. 1997.** *Manual internacional de fertilidad de suelos*. Publicado por potash and phosphate institute. 655 Engineering drive, suite 110, Norcross, GA 30092-2837 U.S.A.

28. **Jackson, M.B.** 1994. Root-to-shoot communication in flooded plants: involvement of abscisic acid, ethylene, and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. *Agron. J.*, 86(5): 775-782.
29. **Jacob, B. y U.E.X Kull, H.** 1964. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. *Ámsterdam Holanda.*
30. **Laetsch, W.M.** 1974. The C4 syndrome: a structural analysis. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 25: 27-52.
31. **Luxova, M.** 1981. Growth region of primary root of maize (*Zea mays* L.). *In* R. Brouwer *et al.*, eds. *Structure and function of plant roots*, p. 9-14. The Hague, Netherlands, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers.
32. **Magnavaca, R., Gardner, C.O. & Clark, R.B.** 1987. Evaluation of inbred lines for aluminum tolerance in nutrient solution. *In* H.W. Gabelman & B.C. Longman, eds. *Genetic aspects of plant-mineral nutrition*, p. 255-265. Dordrecht, Netherlands, Martinus Nijhoff Publ.
34. **Martinez, M.** 1995. Agricultura Práctica. Editorial Ramón Sopena, S.A. Barcelona, España. Pág. 276-283
35. **Mistrik, I. & Mistrikova, I.** 1995. Uptake, transport and metabolism of phosphates by individual roots of *Zea mays* L. *Biologia* (Bratislava), 50: 419-426.
36. **Onderdonk, J.J. & Ketcheson, J.W.** 1972. A standardization of terminology for the morphological description of corn seedlings. *Can. J. Plant Sci.*, 52: 1003-1006.
37. **Patiño C. y Sanclemente O.** 2014. Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. Universidad de Tolima. Colombia.
38. **ostenible.** Universidad de Tolima. Colombia.

39. **Petenello, M., Romagnoli, M. y González, M. 2002.** Poblaciones de microorganismos rizosféricos de maíz (*Zea mays*). Revista FAVE - Ciencias Agrarias 1 (1): 57 - 64. Argentina.
40. **Piedrabuena. 2003.** Microorganismos eficientes : que son?. Disponible en: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid>
41. **Poethig, R.S.** 1994. The maize shoot. In M. Freeling & V. Walbot, Eds. *The maize handbook*, p. 11-17. New York, NY, USA, Springer-Verlag.
42. **Ritchie, S.W. & Hanway, J.J.** 1992. *How a corn plant develops*. Special report No. 48. Ames, IA, USA, Iowa State University.
43. **Rodríguez, M. 2009.** Microorganismos eficientes (EM). Disponible en: <http://aia.uniandes.edu.co/documentos/articulo%20em%20manuel%20r..pdf>
44. **Shaver, D.L.** 1983. Genetics and breeding of maize with extra leaves above the ear. In *38th Proc. Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf.*, p. 161-180.
45. **Smith, M.E., Miles, C.A. & Van Beem, J.** 1995. Genetic improvement of maize for nitrogen use efficiency. In D.C. Jewell, S.R. Waddington, J.K. Ransom & K.V. Pixley, eds. *Maize Research for Stress Environments. Proc. 4th Eastern and Southern Africa Reg. Maize Conf.*, Harare, Zimbabwe, 1994, p. 39-43. Mexico, DF, CIMMYT.
46. **Stevens, S.J., Stevens, E.J., Lee, K.W., Flowerday, A.D. & Gardener, C.O.** 1986. Organogenesis of the staminate and pistillate inflorescences of pop and dent corns: relationship to leaf stages. *Crop Sci.*, 26: 712-718.
47. **Sylvia, D.; J. Fuhrmann; P. Hartel & D. Zuberer. 1999.** Principles and Applications of soil Microbiology. Prentice Hall, New Jersey.

- 48. Tadeo, R. 2000.** *Híbridos de maíz*. Periodismo de ciencia y tecnología. Universidad Autónoma de México. Disponible en: www.invdes.com.mx
- 49. Teran, G. 2008.** Corrección del anteproyecto de tesis “Comportamiento de tres híbridos de maíz duro (*Zea mays L.*) con cuatro niveles de fertilización en la parroquia La Concepción cantón Mira”
- Tico, L. 1975.** Biblioteca Hispania Agricultura Práctica. Editorial Ramón Sopena, S.A. Barcelona España. Pág. 276-283.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIAS

Proyecto: “Efecto de microorganismos eficientes (EM) en la asimilación del fósforo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)”

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables | Indicadores |
|--|---|--|---|--|
| <p>- General:</p> <p>- ¿Cuál es el efecto de los microorganismos eficientes (EM) en la asimilación del fósforo en el cultivo de maíz?</p> <p>- Específicos:</p> <p>- ¿Cuál es la dosis de microorganismos eficientes (EM) para la asimilación del fósforo proveniente de una fuente fosfatada en el cultivo de maíz?</p> <p>- ¿Cuál es la dosis de fertilización fosfatada para su asimilación ante la presencia de microorganismos eficientes (EM) en el cultivo de maíz?</p> | <p>- Objetivo general:</p> <p>- Evaluar el efecto de los microorganismos eficientes (EM) en la asimilación del fósforo en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.).</p> <p>- Objetivos específicos:</p> <p>- Determinar la dosis de microorganismos eficientes (EM) para la asimilación del fósforo proveniente de una fuente fosfatada en el cultivo de maíz.</p> <p>- Determinar la dosis de fertilización fosfatada para su asimilación ante la presencia de microorganismos eficientes (EM) en el cultivo de maíz.</p> | <p>- General:</p> <p>- No existe efecto diferenciado de los microorganismos eficientes (EM) en la asimilación del fósforo en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.).</p> <p>- Específicos:</p> <p>- No existe efecto de la dosis de microorganismos eficientes (EM) en la asimilación del fósforo proveniente de una fuente fosfatada en el cultivo de maíz.</p> <p>- No existe efecto de la dosis de fertilización fosfatada para su asimilación ante la presencia de microorganismos eficientes (EM) en el cultivo de maíz.</p> | <p>- Variable independiente</p> <p>- Microorganismos eficientes (EM).</p> <p>- Variable dependiente</p> <p>- Asimilación del fósforo en el cultivo de maíz.</p> | <p>- 0 ml/mochila de 20 L. - 50 ml/mochila de 20 L. - 100 ml/mochila de 20 L.</p> <p>- Número de mazorcas por planta. - Altura de planta. - Longitud de raíces. - Diámetro del tallo. - Peso fresco de la planta. - Longitud de mazorca. - Peso de grano seco/mazorca.</p> |

Datos del trabajo de investigación

Altura de planta

| Rep | a1 | | | | a2 | | | | a3 | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | b1 | b2 | b3 | b4 | b1 | b2 | b3 | b4 | b1 | b2 | b3 | b4 |
| I | 1.45 | 1.70 | 1.96 | 1.89 | 1.97 | 2.18 | 2.17 | 2.25 | 2.39 | 2.32 | 2.37 | 2.35 |
| II | 1.62 | 1.59 | 1.88 | 1.90 | 2.11 | 1.90 | 2.28 | 2.33 | 2.22 | 2.39 | 2.33 | 2.36 |
| III | 1.54 | 1.64 | 1.91 | 1.92 | 2.02 | 2.17 | 2.34 | 2.28 | 2.29 | 2.28 | 2.39 | 2.29 |

Longitud de raíces

| Rep | a1 | | | | a2 | | | | a3 | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | b1 | b2 | b3 | b4 | b1 | b2 | b3 | b4 | b1 | b2 | b3 | b4 |
| I | 17.50 | 15.40 | 25.30 | 27.40 | 24.30 | 24.80 | 27.40 | 28.60 | 27.40 | 31.50 | 32.60 | 25.60 |
| II | 21.40 | 19.50 | 22.80 | 23.50 | 26.50 | 27.70 | 29.70 | 27.90 | 24.80 | 33.20 | 28.50 | 30.50 |
| III | 19.60 | 22.10 | 18.50 | 24.30 | 27.10 | 23.50 | 25.90 | 28.50 | 26.70 | 29.10 | 30.20 | 26.40 |
| Sum | 58.50 | 57.00 | 66.60 | 75.20 | 77.90 | 76.00 | 83.00 | 85.00 | 78.90 | 93.80 | 91.30 | 82.50 |

Diámetro de tallo

| Rep | a1 | | | | a2 | | | | a3 | | | |
|------------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | b1 | b2 | b3 | b4 | b1 | b2 | b3 | b4 | b1 | b2 | b3 | b4 |
| I | 2.93 | 2.83 | 2.85 | 3.40 | 3.45 | 2.97 | 3.67 | 3.23 | 3.79 | 3.88 | 4.10 | 3.82 |
| II | 2.78 | 2.87 | 2.87 | 2.73 | 3.67 | 3.33 | 2.75 | 2.98 | 3.56 | 3.97 | 3.98 | 4.36 |
| III | 2.54 | 2.86 | 2.83 | 2.77 | 3.12 | 3.87 | 3.14 | 3.19 | 3.64 | 3.76 | 4.02 | 4.15 |
| Sum | 8.25 | 8.56 | 8.55 | 8.90 | 10.24 | 10.17 | 9.56 | 9.40 | 10.99 | 11.61 | 12.10 | 12.33 |

Peso fresco de planta

| Rep | a1 | | | | a2 | | | | a3 | | | |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | b1 | b2 | b3 | b4 | b1 | b2 | b3 | b4 | b1 | b2 | b3 | b4 |
| I | 201.00 | 236.00 | 245.00 | 204.00 | 224.00 | 235.00 | 244.00 | 245.00 | 235.00 | 267.00 | 264.00 | 279.00 |
| II | 198.00 | 213.00 | 218.00 | 224.00 | 226.00 | 247.00 | 252.00 | 267.00 | 227.00 | 255.00 | 278.00 | 273.00 |
| III | 205.00 | 209.00 | 221.00 | 216.00 | 218.00 | 233.00 | 245.00 | 238.00 | 231.00 | 278.00 | 263.00 | 265.00 |
| Sum | 604.00 | 658.00 | 684.00 | 644.00 | 668.00 | 715.00 | 741.00 | 750.00 | 693.00 | 800.00 | 805.00 | 817.00 |

Longitud de mazorcas

| Rep | a1 | | | | a2 | | | | a3 | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | b1 | b2 | b3 | b4 | b1 | b2 | b3 | b4 | b1 | b2 | b3 | b4 |
| I | 8.78 | 11.40 | 12.30 | 10.80 | 10.57 | 13.89 | 16.70 | 15.34 | 12.50 | 15.40 | 16.20 | 15.80 |
| II | 10.10 | 12.90 | 11.40 | 13.00 | 13.10 | 15.20 | 15.20 | 16.20 | 13.80 | 14.50 | 16.34 | 17.20 |
| III | 9.30 | 10.00 | 13.10 | 12.90 | 14.20 | 14.56 | 15.40 | 13.55 | 15.20 | 15.80 | 15.80 | 16.30 |
| Sum | 28.18 | 34.30 | 36.80 | 36.70 | 37.87 | 43.65 | 47.30 | 45.09 | 41.50 | 45.70 | 48.34 | 49.30 |

Peso de grano seco

| Rep | a1 | | | | a2 | | | | a3 | | | |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | b1 | b2 | b3 | b4 | b1 | b2 | b3 | b4 | b1 | b2 | b3 | b4 |
| I | 110.00 | 99.00 | 109.00 | 112.00 | 109.00 | 116.00 | 134.00 | 143.00 | 110.00 | 120.00 | 139.00 | 162.00 |
| II | 82.00 | 115.00 | 102.00 | 110.00 | 111.00 | 123.00 | 141.00 | 139.00 | 103.00 | 128.00 | 147.00 | 170.00 |
| III | 93.00 | 94.00 | 90.00 | 124.00 | 101.00 | 131.00 | 129.00 | 132.00 | 104.00 | 121.00 | 141.00 | 168.00 |
| Sum | 285.00 | 308.00 | 301.00 | 346.00 | 321.00 | 370.00 | 404.00 | 414.00 | 317.00 | 369.00 | 427.00 | 500.00 |



Foto No 1. Evaluación de la altura de planta

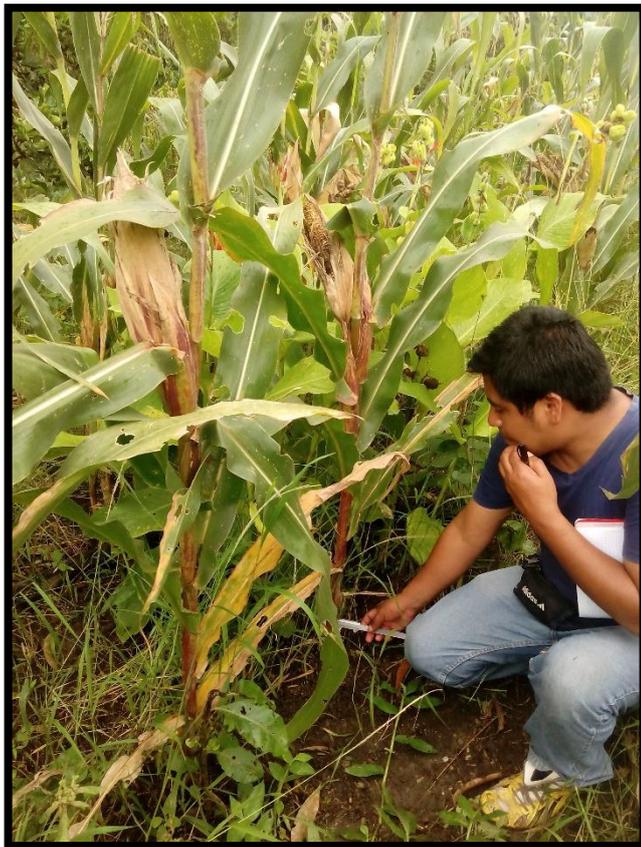


Foto No 2. Evaluación del diámetro del tallo



Foto No 3. Evaluación de la longitud de raíz

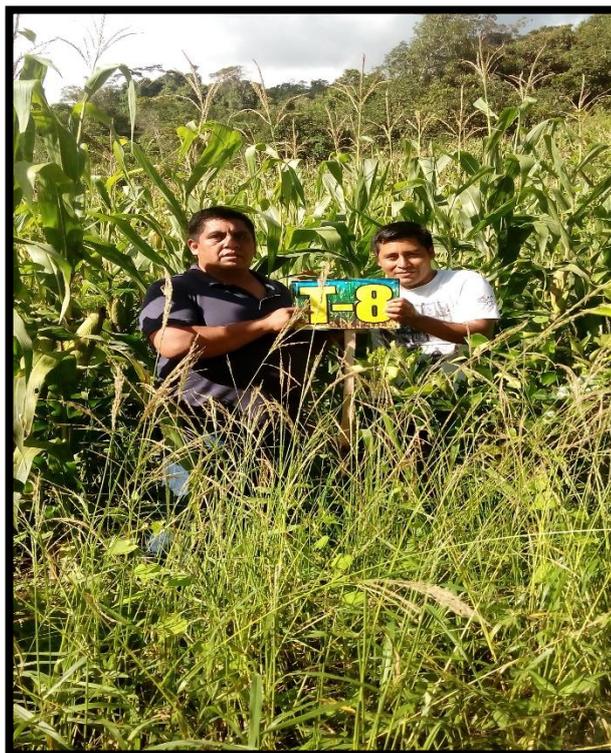


Foto No 3. Supervisión del asesor