

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**EFFECTO DE *Rhizophagus irregularis* Y *Azospirillum brasilense* EN LA
PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE MAÍZ EN EL DISTRITO DE POCRÍ,
PROVINCIA DE LOS SANTOS**

JOSÉ SUCRE
CÉDULA: 7-711-2306

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2023

**EFFECTO DE *Rhizophagus irregularis* Y *Azospirillum brasilense* EN LA
PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE MAÍZ EN EL DISTRITO DE POCRÍ,
PROVINCIA DE LOS SANTOS**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN CULTIVOS TROPICALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL
DEBE SER OBTENIDO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO:

MSc. Franklin Wilcox

DIRECTOR

Prof. José Rivera

ASESOR

Prof. Zyddi Vissuetti

ASESOR

**DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2023

DEDICATORIA

La gratitud hace grande a quién la lleva en el corazón.

Lleno de alegría y amor, dedico este proyecto a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido los pilares para seguir adelante.

Es para mí una gran emoción dedicarles a ellos este trabajo de grado; pues con mucho esfuerzo, sacrificio y trabajo lo he logrado.

A mis abuelos, José y Emperatriz, porque ellos son mi motivación de cumplir y orgullo de ser lo que seré.

A mi familia, Sucre y Muñoz, ustedes son la razón de que yo esté aquí culminando mi meta, gracias por confiar siempre en mí.

Y sin dejar atrás, a todas las personas involucradas en el proceso y terminación de mis estudios.

Gracias por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo.

José Sucre

AGRADECIMIENTO

La primera semilla para la abundancia es el agradecimiento.

Quiero agradecer a Dios por la salud y la oportunidad de haber culminado esta investigación y haberme dado todas las fuerzas para poder superar todos los obstáculos que a lo largo de esta investigación se fueron presentando.

De igual manera; agradecerles a todas esas personas que de una forma u otra permitiera que se realizara la investigación.

A mis padres, Roberto y Oris, a mi hermana Itzel; quienes sin reconocer esfuerzo han sacrificado gran parte de su vida por mí y me han encaminado por senderos de trabajo, fe y devoción y a toda mi familia por el infinito cariño y apoyo desde siempre, por haberme heredado lo más valioso que se le puede dar a un hijo, el amor. Han formado de mí un ser educado y con la ilusión de superación.

De igual manera a mi asesor de tesis, Franklin Wilcox y familia, quienes me brindaron las herramientas necesarias para el desarrollo de la investigación.

Gracias, por brindarme una educación y los pilares más importantes de formación integral y profesional.

José Sucre

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Planteamiento del Problema	13
1.2. Antecedentes	14
1.3. Justificación.....	15
1.4. Objetivos	17
1.4.1. <i>General</i>	17
1.4.2. <i>Específicos</i>	17
1.5. Hipótesis	17
1.6. Alcances y Limitaciones del Estudio	17
II. REVISIÓN DE LITERATURA	18
2.1. Generalidades del Ensilaje de Maíz.....	18
2.2. Microorganismos Eficientes (EM).....	19
2.3. Micorrizas.....	26
2.4. Bacterias Nitrificantes	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. Localización	30
3.2. Descripción de la Semilla Utilizada	30
3.3. Tratamientos	32
3.4. Preparación de Suelo.....	33

3.5. Inoculación	34
3.6. Siembra.....	36
3.7. Fertilización	36
3.8. Manejo de Plagas y Enfermedades	37
3.9. Cosecha	39
3.10. <i>Análisis Bromatológico</i>	39
3.11. <i>Diseño Experimental</i>	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Altura de la Planta.....	42
4.2. Largo de Hoja.....	44
4.3. Promedio de Hojas.....	46
4.4. Rendimiento	47
4.5. Tasa de Desarrollo	50
4.6. Bromatología.....	51
4.7. Análisis Económico	53
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXO.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Descripción del híbrido F1 P30 – F35	31
Tabla 2. Prueba de germinación (%).	31
Tabla 3. Descripción de los tratamientos.	32
Tabla 4. Distribución de los tratamientos en campo	33
Tabla 5. Presentación y cantidad de propágulos del producto comercial	34
Tabla 6. Producto comercial recomendado por kilos de semilla de maíz	34
Tabla 7. Producto comercial por tratamiento	34
Tabla 8. Propágulos por tratamiento	35
Tabla 9. Control de insectos.	37
Tabla 10. Control de enfermedades.....	37
Tabla 11. Fuentes de variación de la ANOVA.....	41
Tabla 12. ANOVA de la variable altura de planta.....	42
Tabla 13. Prueba de diferencia mínima significativa para la variable altura de planta	43
Tabla 14. ANOVA de la variable largo de hoja.....	44
Tabla 15. Prueba de diferencia mínima significativa para la variable largo de hoja...	45
Tabla 16. ANOVA de la variable promedio de hoja.....	46
Tabla 17. ANOVA de la variable rendimiento.....	47
Tabla 18. Prueba de diferencia mínima significativa para la variable rendimiento	48
Tabla 19. Variables evaluadas en el análisis bromatológico.....	51
Tabla 20. Análisis económico	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Sitio de investigación.....	30
Figura 2. Prueba de germinación.....	32
Figura 3. Preparación de suelos.....	33
Figura 4. Inoculación de la semilla.....	35
Figura 5. Siembra y raleo	36
Figura 6. Pesaje de fertilizante por hilera	37
Figura 7. Cosecha, picado y pesado	39
Figura 8. Toma y etiquetado de muestras para análisis bromatológico.....	40
Figura 9. Altura de planta por bloque.....	44
Figura 10. Largo de hoja por tratamiento.....	46
Figura 11. Rendimiento en kilogramos (Kg) por bloque	49
Figura 12. Rendimiento en toneladas/hectárea (t/ha).....	49
Figura 13. Tasa de desarrollo por tratamiento por semana.....	50
Figura 14. Porcentaje de rentabilidad	54

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Prueba de germinación.....	64
Anexo 2. Conteo de germinación.....	64
Anexo 3. Marcado de campo e instalación de sistema de riego por goteo	65
Anexo 4. Control preventivo de plagas y enfermedades	65
Anexo 5. Medición en campo	66
Anexo 6. Parámetros de calidad esperados en un buen ensilaje de maíz	66
Anexo 7. Valores de referencia en silo de maíz	67

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de *Rhizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* en la producción de biomasa de maíz. Realizada en la Finca Aranda, corregimiento de Pocrí, distrito de Pocrí, provincia de los Santos, en época seca. Se evaluaron cuatro tratamientos testigo, bacteria, micorriza y bacteria/micorriza. Implementando un diseño de boques completos al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cinco bloques o repeticiones. Como resultado se obtuvo que: Estadísticamente, se acepta la hipótesis nula (H_0), ya que, no existió diferencia significativa a nivel 0.05 en los parámetros rendimiento y bromatología. A pesar de esto, es importante considerar el análisis económico, donde se observa una marcada diferencia en el ingreso por hectárea, relación costo/beneficio y el porcentaje de rentabilidad. Cabe destacar que, el mayor rendimiento en época seca (18.44 t) en biomasa obtenido para el tratamiento bacteria/micorriza dista considerablemente del reportado (35 t) por Wilcox y Rivera (2021) en época de lluvia. Los valores del análisis bromatológico se presentan relativamente estables con respecto a lo descrito por Gingis, (2013) y Demanet (2019). Concluyendo que, económicamente, es recomendable el uso de *Rhizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* en la producción de biomasa de maíz. De este ensayo se desprenden nuevas líneas de investigación como: aplicar la tecnología planteada y evaluar los resultados en la época de lluvia y la comparación de distintos niveles de abonamiento combinados con biofertilizantes.

Palabras clave: Análisis económico, bromatología, época seca, rendimiento.

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the effect of *Rhizophagus irregularis* and *Azospirillum brasilense* on corn biomass production. Made at the Aranda Farm, Pocrí District, Pocrí District, Los Santos Province, in the dry season. Four treatments were evaluated: Control, Bacteria, Mycorrhiza and Bacteria/Mycorrhiza. Implementing a randomized complete block design (DBCA), with four treatments and five blocks or repetitions. As a result, it was obtained that: Statistically, the null hypothesis (H_0) is accepted, since there was no significant difference at the 0.05 level in the parameters performance and food science. Despite this, it is important to consider the economic analysis, where a marked difference is observed in income per hectare, cost/benefit ratio and percentage of profitability. It should be noted that the highest yield in the dry season (18.44 t) in biomass obtained for the bacteria/mycorrhiza treatment is considerably different from that reported (35 t) by Wilcox and Rivera (2021) in the rainy season. The values of the bromatological analysis are relatively stable with respect to what is described by Gingis, (2013) and Demanet (2019). Concluding that, economically, the use of *Rhizophagus irregularis* and *Azospirillum brasilense* in the production of corn biomass is advisable. New lines of research emerge from this trial, such as: applying the proposed technology and evaluating the results in the rainy season and the comparison of different levels of fertilization combined with biofertilizers.

Keywords: Economic analysis, food science, dry season, yield.

INTRODUCCIÓN

El origen del ensilaje de forrajes se remonta a una noticia histórica, documentada en los anales de la Universidad de Agricultura de Young en 1786, referido al artículo del profesor John Symonds, de la Universidad de Cambridge; que discutió estudios realizados en Italia, en los cuales, se emplean hojas en la alimentación del ganado (Valencia, et al. 2011).

Por otro lado, el mayor crecimiento de la población a nivel mundial hace necesario que nuestros países cada día realicen esfuerzos tendientes a lograr una mayor producción y productividad de carne vacuna y de leche para satisfacer la demanda creciente por estos productos. Para lograr este objetivo, los países deben elaborar y desarrollar políticas y estrategias para reducir la brecha entre la oferta y la demanda de estos productos (Gálvez, *et al.* 2009, p. 9).

Los Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (HFMA), recientemente reclasificados en el filo Mucoromycota, subfilo Glomeromycotina (Bonfante and Venice, 2020), son prevalentes en los ecosistemas terrestres y en suelos del neotrópico (Cofré et al., 2019; Stürmer and Kemmelmeier, 2021). La estimación del número de especies de este subfilo no ha sido completamente definida. Se han reportado hasta 244 especies de estos hongos basados en la morfología de esporas (Oehl et al., 2011) y hasta 338 especies tomando como referencia el análisis de ADNr ambiental o por secuencias amplificadas del gen ribosomal (Schussler, 2020). Los HFMA establecen simbiosis con más del 70 % de las plantas terrestres (Brundrett and Tedersoo, 2018) y son un elemento

fundamental en los agro-ecosistemas porque colonizan la mayoría de plantas de interés agronómico.

En consecuencia, justamente debido a las características climáticas de la provincia de Los Santos, los productores utilizan la técnica del ensilado para asegurar el suministro de alimento y garantizar el aporte nutricional diario que sus semovientes demandan durante el periodo seco. Es por este motivo, que la investigación tiene por objeto evaluar el efecto de *Rhizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* en la producción de biomasa de maíz; como una alternativa alimentaria que permita mitigar los estragos que genera el estrés hídrico ambiental en esta región del país.

1.1. Planteamiento del Problema

Dando una visual a la situación en Panamá, anualmente se consumen unos 480 millones de litros (L) de leche entre fluida y diversos productos lácteos nacional e importada, siendo la producción panameña de unos 180 millones de litros y el consumo per cápita está por 120 L (MIDA, 2021).

En el caso de la ganadería, además, se debe lidiar con la estacionalidad de las praderas, donde el recurso forrajero es mayor en algunas épocas del año que en otras. Es decir, la producción de materia seca no es continua, como el consumo de las vacas. Por lo tanto, la conservación del forraje es esencial para poder alimentar todo el año a las vacas. Uno de los recursos más utilizados es el ensilaje de maíz (Muñoz, 2020).

1.2. Antecedentes

A nivel mundial, inóculos comerciales que incluyen propágulos de HFMA están disponibles para la industria agrícola y se han realizado diferentes experimentos para analizar su funcionalidad (Elliott et al., 2020; Frew, 2020). Con el uso de estos productos se incrementa la densidad de HFMA en el suelo para que actúen como bio- fertilizantes y así, promover la movilización de nutrientes que, al ser absorbidos por el micelio extra radical, son transportados a la planta hospedera. La especie de HFMA más utilizada en la inoculación comercial es *Rhizophagus irregularis*.

El uso de esta especie como inóculo en la práctica agrícola y también en estudios experimentales, se justifica por diferentes razones, por ejemplo, es una especie presente globalmente en diversos ecosistemas (Savary et al., 2018), puede colonizar de forma efectiva las raíces de la mayoría de las plantas (Brundrett and Tedersoo, 2018) y se establece con éxito después de su inoculación (Köhl et al., 2016).

El trabajo con bacterias rizosféricas se ha desarrollado de forma gradual y ascendente, teniendo como finalidad aumentar el rendimiento de los cultivos, disminuir el uso desmedido de fertilizantes minerales y productos químicos y, consecuentemente, reducir la contaminación ambiental. La utilización de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en la agricultura es una práctica que internacionalmente ha tomado auge en las últimas décadas (Parra *et al.*, 2002).

Dentro de las bacterias asociativas más estudiadas, se encuentran las pertenecientes al género *Azospirillum*, el cual ha sido objeto de estudio desde la

década del setenta, pues su inoculación en las plantas conlleva a un aumento significativo del sistema radical; además, de inducir resistencia a agentes patógenos y proveer de elementos tan necesarios como el nitrógeno, inhibe la proliferación de plantas parásitas y produce hormonas que estimulan el crecimiento vegetal, lo que permite un desarrollo más económico y saludable de los cultivos. La habilidad que tiene esta bacteria de colonizar el interior de las plantas y ocupar nichos protegidos contra el oxígeno y otros factores, lo convierten en el grupo más promisorio de diazótrofos asociados con gramíneas y otras plantas no leguminosas. (Parra *et al.*, 2002).

1.3. Justificación

El maíz es la forrajera que produce más energía por unidad de superficie. Su principal desventaja es la baja proteína y calcio. Del total de la planta, la mazorca aporta 50% de la materia seca y alrededor de un 70% de los nutrientes. El proceso de acumulación de materia seca se acelera luego del desarrollo inicial de las hojas. A partir del grano lechoso, la acumulación es mayor. Alcanzando el máximo cuando la planta alcanza su madurez fisiológica (Cofré, *et al.* 1998).

El ensilaje de maíz es un componente importante en la dieta del ganado, debido a que constituye una opción de bajo costo por unidad energética y es el perfecto complemento en las raciones de los sistemas intensivos de estabulación (temporal y pastoril). Los productores que establecen este cultivo suplementario no solo buscan alcanzar un buen rendimiento de materia seca: 20 a 26 tonelada métrica/Ha, sino que también un alimento de alto valor nutricional (Demagnet, 2017).

En las dietas del ganado en general, el ensilaje de maíz es el perfecto complemento al consumo de pasturas permanentes. El sistema de alimentación óptimo es aquel que puede combinar la proteína y la fibra de la pastura con la energía y el almidón del ensilaje de maíz, asegurando así, una alta eficiencia de utilización de ambos recursos forrajeros (Demagnet, et al., 2020).

Sin lugar a dudas, los datos citados, confirman la importancia que tiene el sector pecuario en el desarrollo socioeconómico del país. Por tal razón, y en aras de colaborar con procedimientos y técnicas agrícolas que faciliten la manutención alimentaria del ganado (durante el periodo seco); la investigación procura ofrecer resultados que le permitan a los productores asegurar su alimento y disminuir los costos de producción. Al respecto, según Muñoz (2020), uno de los aspectos más relevantes y de mayor impacto en el costo de la producción animal, es la alimentación. Más del 65 por ciento (%), aproximadamente de los costos se asocian a este factor, por ende, un manejo eficiente de estos recursos es fundamental a la hora de lograr una óptima rentabilidad en el negocio, ya sea en producción lechera o cárnica.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

- Determinar el efecto de *Rizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* en la producción de biomasa de maíz en el distrito de Pocrí, provincia de Los Santos.

1.4.2. Específicos

- Establecer la influencia de *Rizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* en los días a germinación del cultivo de maíz.
- Medir la influencia de *Rizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* en la altura de la planta.
- Determinar la influencia de *Rizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* en el cultivo de maíz.

1.5. Hipótesis

- H_a *Rizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* tienen efecto en la producción de biomasa de maíz.
- H_0 *Rizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* no tienen efecto en la producción de biomasa de maíz.

1.6. Alcances y Limitaciones del Estudio

Esta investigación está dirigida a los productores pecuarios que tienen acceso al sistema de riego, y de esta manera maximizar la disponibilidad de forraje complementarios dentro de sus explotaciones.

Mas, sin embargo, no es accesible para productores que no cuenten con sistema de riego o con capacidad de instalarlo dentro de sus explotaciones pecuarias.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del Ensilaje de Maíz

El maíz es una especie monocotiledónea anual perteneciente a la familia Poaceae, sub familia Panicoideae, género Zea. La planta posee una raíz primaria desde donde nacen algunas raíces adventicias que le permiten mantenerse erecta. El tallo es grueso, con epidermis exterior impermeable y transparente. Sus hojas tienen forma alargada y se ubican arrolladas al tallo. La planta es monoica con flores unisexuales. A partir de las yemas axilares de las hojas nacen la inflorescencia femenina, que corresponde a la mazorca. La inflorescencia masculina es la panícula, en la que a partir de los estambres se desarrolla el polen que cae en los pistilos ubicados en la mazorca. El grano es un fruto independiente que posee el nombre de carióspside (Kato et al., 2009).

El maíz producido para ensilar es uno de los alimentos cosechados más importantes. La cosecha provee a los productores pecuarios una fuente con altos rendimientos, fuente consistente de forraje como alimento para los animales, altamente digestible y alta gustosidad. El ensilaje de maíz produce más energía por acre que cualquier otro cultivo (García, 2013).

El ensilaje de maíz sirve como un forraje de alta-energía, para el ganado lechero. Esto es lo más importante para hatos de alta producción y en establos que experimentan problemas para elaborar o comprar cosechas de heno de alta calidad. El ensilaje de maíz, con su relativo alto contenido de energía, también se adapta para ser usado en raciones de bajo-costos para ganado de engorda. El

ensilaje de maíz requiere menos trabajo para producir una tonelada de forraje que muchos otros cultivos forrajeros. Se puede prolongar el período de cosecha para toda la superficie sembrada y provee una oportunidad para salvar cosechas estresadas o dañadas. El ensilaje de maíz también puede reciclar los nutrientes de las plantas eficientemente. Especialmente grandes cantidades de N y K (García, 2013).

En la mayoría de las lecherías que utilizan maíz para ensilaje, se produce una separación de flujos de nutrientes entre el monocultivo de maíz y las pasturas, situación que tiene como consecuencia el uso excesivo de nitrógeno para mantener el rendimiento del maíz y el aumento de los riesgos de pérdida de este elemento que conduce a problemas sociales referidos a los ecosistemas. Hoy las lecherías de todo el mundo intentan reducir las pérdidas de nitrógeno y carbono del suelo a través de sistemas sostenibles con enfoques de temporalidad diferentes y donde la rotación permita el acoplamiento de los principales recursos forrajeros utilizado en las dietas de los animales: pastura y maíz (Demanet, et al., 2020).

2.2. Microorganismos Eficientes (EM)

La necesidad de suplir la alta demanda de alimentos hace que los productores persigan, por cualquier medio, (el más usado el de tipo químico), acelerar los procesos de germinación, crecimiento y producción sin tener en cuenta el perjuicio que se le cause a los suelos y sobre todo a los consumidores finales (Arias, 2010).

Es por ello que, surge la necesidad de utilizar para el proceso de

germinación, como estimulante foliar, en el tratamiento de plagas y enfermedades, mecanismos de tipo biológico como el uso de microorganismos que replacen los métodos químicos hasta ahora usados. Esto permite mejorar la calidad del alimento, lo que al final se reflejó en la salud del consumidor disminuye el acelerado proceso de contaminación que está presentando el suelo y el rendimiento económico del productor será o puede resultar mayor, puesto que el uso de microorganismos reduce los costos, comparado con la inversión que se debe hacer con el uso de fertilizantes químicos (República de Costa Rica. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, 2008).

En *Ecologic Maintenances* (2012), se plantea que las condiciones actuales de contaminación y el uso excesivo de sustancias químicas sintéticas han causado la proliferación de especies de microorganismos considerados regeneradores. Una vía que ayuda a subsanar los problemas antes planteados es el uso de los microorganismos eficientes (EM).

Los EM son un grupo muy grande de organismos, que cumplen multitud de funciones en el suelo y mantienen en orden los ciclos normales de múltiples sustancias. Esta labor es permanente y gracias a ella la vida en el suelo se mantiene. Estos organismos viven naturalmente en el suelo (bacterias, hongos, actinomicetos) y cumplen múltiples funciones, especialmente degradando y/o transformando diversos materiales para que sean aprovechados en la nutrición de las plantas. Intervienen además en los ciclos biogeoquímicos en la naturaleza (Fundases, 2014).

Estos microorganismos se clasifican en grandes grupos funcionales como:

grupo ácido láctico, bacterias fotosintéticas, grupo de las levaduras, grupo de los actinomicetos y hongos.

Las funciones de estos microorganismos en el suelo son: Fijación del nitrógeno atmosférico, descomposición de desechos orgánicos y residuos, supresión de patógenos del suelo, reciclaje e incremento de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, degradación de tóxicos incluyendo pesticidas, producción de antibióticos y otros componentes bioactivos, producción de moléculas orgánicas simples para el consumo de las plantas, formación de complejos de metales pesados para su absorción limitada por las mismas, solubilizarían de fuentes de nutrientes insolubles y la producción de polisacáridos para mejorar la agregación del suelo (Pérez, 2010).

Los proyectos relacionados con la tecnología EM, tienen como objetivo contribuir al mejoramiento productivo y ambiental mediante la utilización de estos, y de esta forma contribuir al mejoramiento económico y social de las comunidades rurales. De ahí que la presente reseña tuvo como objetivo recopilar información sobre el surgimiento, modo de acción y los principales resultados obtenidos con la tecnología EM (Luna y Mesa, 2016).

La tecnología EM fue desarrollada en la década de los ochenta por el doctor Teruo Higa, profesor de Horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. En los inicios de los años sesenta, el profesor Higa inició en la búsqueda de una alternativa que reemplazara los fertilizantes y pesticidas sintéticos, popularizados después de la Segunda Guerra Mundial para la producción de alimentos en el mundo entero. El profesor al estudiar las funciones individuales de diferentes microorganismos encuentra que el éxito de su efecto potencializado

estaba en su mezcla. Desde entonces, esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada en una multitud de usos agropecuarios y ambientales, y es utilizada en más de 80 países del mundo (Arias, 2010).

EM es una abreviación de Effective Microorganisms (Microorganismos Eficaces, efectivos o eficientes), cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros (Ecologic Maintenances, 2012).

Autores como Ramírez (2009) y Fundases (2014), exponen que cuando los EM son inoculados en el medio natural, el efecto individual de cada microorganismo es ampliamente magnificado en una manera sinérgica por su acción en comunidad.

Pedraza, et al. (2010), refieren que los microorganismos eficientes son un cultivo mixto de microorganismos benéficos (fundamentalmente bacterias fotosintéticas, productoras de ácido láctico, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores) que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos. Esto a su vez aumenta la calidad y la salud de los suelos, lo que incrementa el crecimiento, la calidad y el rendimiento de los cultivos (Moya, 2012).

El Programa de Reducción de la Pobreza (PRP), en el año 2009 se plantea que, al aplicar EM a suelos, aguas residuales y desechos orgánicos, la población de microorganismos es modificada hacia una que produce sustancias benéficas para la vida animal y vegetal, Pedraza, et al. (2010), refieren que el principio

fundamental de esta tecnología consiste en la introducción de un grupo de microorganismos benéficos para mejorar las condiciones del suelo, suprimir la putrefacción (incluyendo enfermedades) y mejorar la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas.

Ramírez (2009), plantea que los diferentes tipos de microorganismos en el EM toman sustancias generadas por otros organismos, se basa en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por estos microorganismos para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas (Moya, 2012).

Cuando los Microorganismos Eficientes incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos naturales, enriquecen la microflora, balancean los ecosistemas microbiales y suprimen microorganismos patógenos (PRP, 2009).

EM es un producto microbiano multipropósito, que contiene varios tipos de organismos vivos. Estos microorganismos se propagan entre ellos mismos si existen unas condiciones adecuadas de alimento y medios ambientales. Esta propagación se conoce como activación y es de sencilla elaboración, logra hacer un uso de los EM mucho más económico. Cuando se usan EM para cualquier aplicación, el incremento de la densidad de población de estos microbios benéficos es la llave para alcanzar buenos resultados. Debido a la activación EM es posible aplicar este producto con más frecuencia, lo que reduce los gastos (Ramírez, 2009).

Según Fundases (2014), el concepto de la inoculación de suelos y plantas con microorganismos benéficos para crear un ambiente microbiano más favorable para el crecimiento de las plantas ha sido motivo de discusión durante décadas por parte de los científicos dedicados a la agricultura. El principio biológico que determina la actuación de este consorcio de bacterias se basa, entre otras propiedades, en su carácter antioxidante. Además, cuando estos microorganismos entran en contacto con la materia orgánica secretan sustancias benéficas como vitaminas, ácidos orgánicos y minerales. Así mismo, prosperan por exclusión competitiva, tanto en nichos contaminados como en descomposición, para luego morir cuando las condiciones son limpias, por lo cual no existe riesgo de contaminación secundaria (Ecologic Maintenances, 2012).

Las diferentes especies de los microorganismos eficientes (bacterias fototróficas, ácido lácticas y levaduras, entre otras) tienen sus respectivas funciones. Sin embargo, las bacterias fototróficas, se pueden considerar como el núcleo de la actividad de los EM. Las bacterias fototróficas refuerzan las actividades de otros microorganismos. A este fenómeno se le denomina coexistencia y coprosperidad (República de Costa Rica. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, 2008).

Según Moya (2012), el aumento de poblaciones de EM en los suelos promueve el desarrollo de microorganismos benéficos existentes en los mismos, pues su microflora se torna abundante, y por ello el suelo desarrolla un sistema microbial bien balanceado. En este proceso, microbios específicos (especialmente

los dañinos), son suprimidos, a su vez, reduciendo especies microbiales del suelo que causan enfermedades (Ladino y Rodríguez, 2009).

Fundases (2014), refiere que las raíces de las plantas también secretan sustancias como carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos y enzimas activas. Los EM utilizan estas secreciones para su crecimiento y en el transcurso de este proceso también secretan y provee aminoácidos, ácidos nucleicos, una gran variedad de vitaminas y hormonas a las plantas. Esto significa que los EM en la rizosfera, coexisten con las plantas y que, por ello, en suelos dominados por los mismos las plantas crecen excepcionalmente bien.

Los microorganismos eficientes, como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran sus condiciones fisicoquímicas, incrementan la producción de los cultivos y su protección, además conservan los recursos naturales, y generan una agricultura y medio ambiente más sostenible. Pueden ser utilizados en la rama animal (porcicultura, ganadería y avicultura) para la cría de animales, el incremento de las variables productivas, esto maximiza la eficiencia de los sistemas y el manejo de excretas e instalaciones (Luna y Mesa, 2016).

Ecologic Maintenances (2012), asegura que son una buena alternativa dentro del saneamiento ambiental. La utilización de microorganismos como herramienta biológica permite transformar desechos para ser usados como nutrientes; pueden aplicarse en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales y en residuos sólidos con lo cual se pueden producir fertilizantes y evitar

la proliferación de insectos y vectores.

Los microorganismos eficientes, al ser un producto orgánico sin manipulación genética, son bien aceptados en toda clase de unidades productivas, ya sean agrícolas, pecuarias o ambientales. Su uso requiere de menores cantidades de materia orgánica, con el ahorro de costos de aplicación de esta al suelo. Con la aplicación de la tecnología EM se hace posible la transformación de los residuos orgánicos en abonos de excelente calidad, utilizados en programas de producción limpia (Pedraza, et al., 2010).

Moya (2012), plantea que el uso de agroquímicos en sí tiene alto costo y en la mayoría de los países hace que el suelo pierda diversidad de flora y fauna y que se destruya su materia orgánica, mientras que los EM mejoran la biota del suelo, las propiedades físicas de este disminuyen los costos de la producción, aumenta la cantidad de cosechas y, por lo tanto, aumentan los ingresos del agricultor.

2.3. Micorrizas

Un grupo destacado de hongos beneficiosos son los que establecen asociaciones simbióticas (del griego “vida en común”) con las plantas, conocidas como micorrizas (del griego mikos, hongo, y rhiza, raíz). El hongo coloniza las raíces, sin causar daño alguno a la planta y posteriormente desarrolla una red de hifas externas que se extienden y ramifican en el suelo (Barea, et al., 2019).

Las micorrizas representan la asociación entre algunos hongos y las raíces

de las plantas, donde las pueden envolver formando un manto como en el caso de las ectomicorrizas o como en el caso de las endomicorrizas arbusculares que penetran la raíz, pero no forman ningún manto (Peña, et al., 2019).

En esta asociación la planta le proporciona al hongo carbohidratos y un hábitat para completar su ciclo de vida; mientras que el hongo le permite una mejor captación de agua y minerales con baja disponibilidad en el suelo, así como defensas contra patógenos (Peña, et al., 2019).

La asociación micorrizal se considera como un mutualismo; ya que, no es perjudicial para ninguno de los dos participantes y por el contrario los beneficia de igual manera. Un 90% de las plantas se encuentran en este tipo de asociación (Peña, et al., 2019).

La micorrización promueve el crecimiento de las plantas porque facilita la adquisición de nutrientes del suelo e induce cambios en los exudados de las raíces, lo cual repele a los nematodos y atrae a microbios antagonistas de los patógenos. También minimiza la infección por plantas parásitas. La potenciación de las defensas de la planta por las micorrizas da lugar a una reducción general de la incidencia o daño causado por patógenos del suelo (hongos, bacterias y nematodos). En la parte aérea se restringe el desarrollo de ciertos patógenos e insectos (Pozo et al., 2013).

2.4. Bacterias Nitrificantes

El crecimiento de todas las plantas está determinado de forma directa o

indirecta por la disponibilidad de nutrientes minerales, en especial del nitrógeno. Una vez cubiertas las necesidades de agua, el factor limitante más importante es el nitrógeno. Una planta con deficiencia de nitrógeno sufriría clorosis, manifestando una coloración amarillenta de tallos y hojas, falta de desarrollo y debilidad. Por el contrario, cuando la planta tiene suficiente nitrógeno, sus hojas y tallos crecen rápidamente. En agricultura el nitrógeno es el principal nutriente para el crecimiento de las plantas y, así, en suelos carentes de nitrógeno los rendimientos de los cultivos son bajos (Calvo, 2011).

Algunas plantas establecen una relación estrecha y persistente con bacterias fijadoras de nitrógeno. Esta simbiosis, que proporciona beneficios durante la vida en común a ambos simbioses, se realiza en nódulos radiculares, en los cuales el nitrógeno atmosférico se fija y se proporciona a la planta en forma de compuestos orgánicos nitrogenados. De esta simbiosis la planta obtiene nitrógeno y la bacteria ácido málico en su forma ionizada (malato) y refugio. El malato es un compuesto orgánico implicado en las principales rutas del metabolismo, como son el ciclo de Krebs y en las reacciones anapleróticas de este (Calvo, 2011).

La biofertilización nitrogenada constituye una interesante alternativa al empleo de los fertilizantes minerales tradicionales en la agricultura moderna. Con el uso en suelos agrícolas de bacterias capaces de fijar un nutriente tan esencial como el nitrógeno se conseguirá, por una parte, disminuir los aportes nitrogenados inorgánicos, y por otra, colaborar en la obtención de metodologías no contaminantes y adecuadas desde un punto de vista medioambiental (Palazón, 2015).

El empleo de bacterias fijadoras de nitrógeno representa una gran oportunidad para la agricultura, ya que, el nitrógeno fijado en el suelo por las bacterias se encuentra disponible directamente justo en el lugar (rizosfera) donde es requerido, mientras que los fertilizantes inorgánicos aplicados al suelo sufren una pérdida de hasta el 50% debido a procesos naturales de lixiviación y desnitrificación. En consecuencia, la excesiva lixiviación de los fertilizantes inorgánicos puede dar lugar a la contaminación de las aguas subterráneas, ríos y lagos causando daños ecológicos, y puede constituir un riesgo para la salud animal y humana (Palazón, 2015).

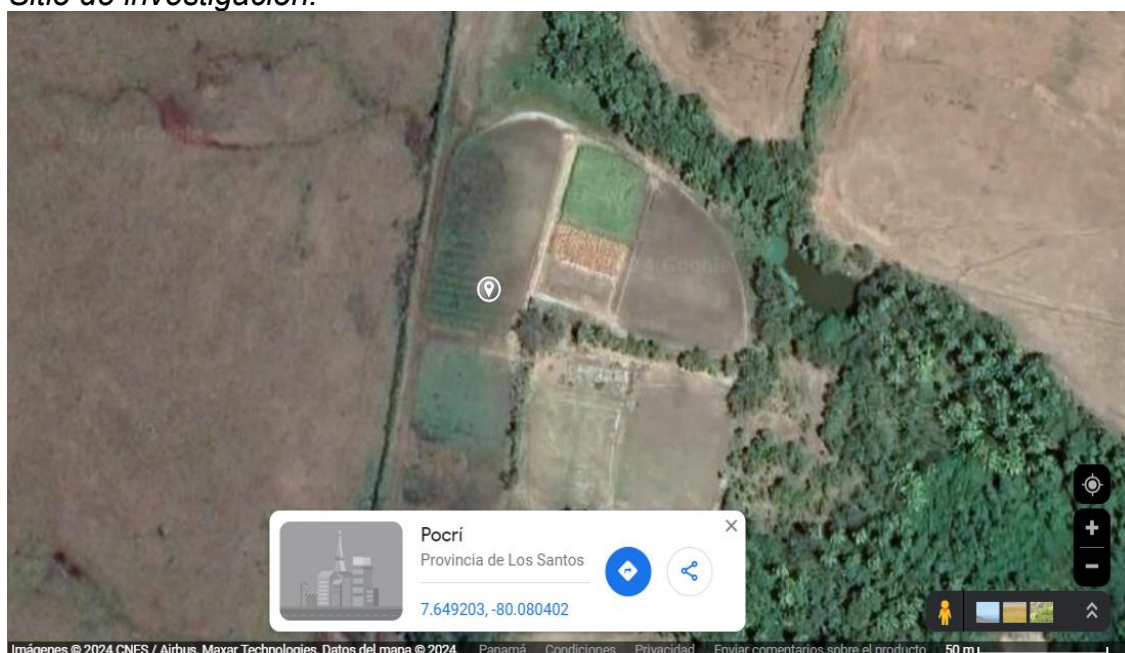
3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

La investigación se realizó en la Finca Aranda, corregimiento de Pocrí, distrito de Pocrí, provincia de Los Santos (7° 38' 56" N y 80° 04' 48" O) a unos 11 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) (Figura 1); desde el mes de septiembre de 2021 hasta febrero del año 2022, época de siembra para el área definida de acuerdo a Gordón (2012).

Figura 1

Sitio de investigación.



Fuente: Google Maps.

3.2. Descripción de la Semilla Utilizada

La semilla utilizada en esta investigación fue una línea F1, del híbrido P30 – F35 (Tabla 1).

Tabla 1*Descripción del híbrido F1 P30 – F35.*

Zonas Recomendadas.	Caribe húmedo	Caribe seco
Híbrido.	P30 F35	P30 F35
Población en miles de plantas/hectárea a una distancia entre surcos.	80 – 90 cm: 65,000 – 75,000	80 – 90 cm: 65,000 – 70,000
Ciclo.	Intermedio	Intermedio
Días a floración.	42 – 47 días	45 – 50 días
Días a madurez fisiológica.	90 – 95 días	90 – 105 días
Días a cosecha.	113 – 123 días	120 – 135 días
Altura de planta.	2.92 m	2.39 m.

Se realizó prueba de germinación (Tabla 2), con cuatro repeticiones de cien semillas por repetición en bandejas controladas (Figura 2).

Tabla 2*Prueba de germinación (%).*

Repetición	N.º de semillas sembradas	N.º de semillas germinadas	% de germinación por repetición
R1	100	89	89
R2	100	97	97
R3	100	100	100
R4	100	95	95
Total	400	381	95.3

Figura 2

Prueba de germinación.



3.3. Tratamientos

El ensayo se llevó a cabo en una superficie total de investigación de 460.8 metros cuadrados (m^2), que comprende 5 bloques de tratamientos, con 72 m^2 cada uno, y separados entre sí, a 1,75 metros (m). Como unidad experimental se considerarán cuatro hileras de cultivo separadas a 0.90 m, con un total de 18 m^2 por tratamiento, y se tomaron como muestra de análisis las dos hileras centrales, con un total de 9 m^2 cada una, excluyendo las hileras externas como efecto de borde (tabla 3 y 4).

Tabla 3

Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo
T2	Micorriza
T3	Bacteria nitrificante
T4	Micorriza/Bacteria nitrificante

Tabla 4

Distribución de los tratamientos en campo.

Bloques	Tratamientos			
B1	T1	T2	T4	T3
B2	T1	T4	T3	T2
B3	T2	T1	T4	T3
B4	T2	T3	T1	T4
B5	T1	T2	T3	T4

3.4. Preparación de Suelo

Para esta investigación se utilizó el sistema de labranza convencional, aplicando un control inicial de malezas con regulador de pH, a razón de 200 mL/Hectárea (ha) + herbicida Glifosato 35.6 SL a dosis 3 L/ha, seguidamente dos pases cruzados de arado y posteriormente, se llevó a cabo la marcación y división de los bloques y tratamientos con cinta, estacas e instalación de sistema de riego por goteo (Figura 3).

Figura 3

Preparación de suelos.



3.5. Inoculación

Se preparó la semilla con Thiodicarb a razón de 2.8 mL/400g de semilla, atendiendo a la dosis recomendada por el fabricante (7mL/Kg), una vez seco el tratamiento insecticida, se procedió a humedecer la semilla con agua destilada aplicando los organismos eficientes utilizando la dosis comercial en gramos (g), recomendada por el fabricante (figura 4) (tabla 5,6,7 y 8).

Tabla 5

Presentación y cantidad de propágulos del producto comercial.

Producto	Presentación comercial	Propágulos
<i>Rhizophagus irregularis</i>	1 kg	35 esporas/g
<i>Azospirillum brasilense</i>	380 g	500 millones/g

Fuente: Biofabrica (2019).

Tabla 6

Producto comercial recomendado por kilos de semilla de maíz.

Kg de semilla	Producto	Producto comercial (g)
23	<i>Rhizophagus irregularis</i>	500
23	<i>Azospirillum brasilense</i>	190

Fuente: Biofábrica (2019)

Tabla 7

Producto comercial por tratamiento.

Tratamientos	Cantidad de semillas / tratamiento	Cantidad de producto / tratamiento
1. (Testigo)	400g	-
2. (<i>Rhizophagus irregularis</i>)	400g	8.7g
3. (<i>Azospirillum brasilense</i>)	400g	3.3g
4. (<i>Rhizophagus irregularis</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>)	400g	8.7g + 3.3g

Tabla 8

Propágulos por tratamiento.

Tratamientos	Cantidad de producto / tratamiento	Propágulos/ tratamiento
1. (Testigo)	-	-
2. (<i>Rhizopagus irregularis</i>)	8.7g	304.5 esporas
3. (<i>Azospirillum brasilense</i>)	3.3g	1,650 millones de bacterias
4. (<i>Rhizopagus irregularis</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>)	8.7g + 3.3g	304.5 esporas + 1,650 millones de bacterias

Figura 4.

Inoculación de la semilla.



3.6. Siembra

Se realizó a chuzo, cuatro hileras por tratamiento a razón de 0.15 metros (m) entre plantas y 0.90 m entre hileras; para una población de 74,000 semillas/ha, a dos granos por golpe para su posterior raleo a una planta por sitio, un control de maleza pre emergente con glifosato a 3 L/ha, más un control pos emergente con Dinitroanilina Pendimentalina (Prowl 45,5 CS) + Atrazina (gesaprim 90 WDG) a los 12 días después de germinación (DDG) (Figura 5).

Figura 5

Siembra y raleo.



3.7. Fertilización

Se utilizó la fertilización recomendada por Gordón (2012), 130 a 200 kg de N/ha, 60 kg de P O /ha, 20 a 30 kg de K y 20 a 30 kg de S/ha. Estas cantidades de nutrientes se lograron aplicando 5 qq de la fórmula 13-26-6-7 al momento de la siembra. Para completar la cantidad de nitrógeno indicada, se colocó 7.0 quintales (qq) de urea/ha fraccionada en dos aplicaciones. La primera aplicación se realizó a los 21 dds a razón de 3.5 qq/ha y la segunda aplicación a los 35 dds en dosis de 3.5 qq/ha (figura 6).

Figura 6

Pesaje de fertilizante por hilera.



3.8. Manejo de Plagas y Enfermedades

Se realizó monitoreo, según la presencia del insecto o apariciones de síntomas (tabla 9 y 10).

Tabla 9

Control de insectos.

Plaga	Producto	Dosis	Momento
<i>Phyllophaga spp.</i>	Tiodicarb	7.7 g i.a./kg de semilla	Tratamiento de las semillas
<i>Dalbulus maidis</i>	Imidacloprid	1 L/ha	Antes de la etapa V6, en "Drench"
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Espinosyn	150 cc/ha	Etapa V6
<i>Helicoverpa zea</i>	Espinosyn	150 cc/ha	Etapa V6
<i>Diatraea saccharalis</i>	Deltametrina	250 cc/ha	Antes de que las larvas penetren en el tallo

Fuente: Gordon (2021).

Tabla 10

Control de enfermedades.

Plaga	Producto	Dosis	Momento
<i>Physoderma maydis</i>	-----	-----	Uso de cultivares resistentes
<i>H. maydis</i>	Carbendazín	0.5 L/ha	35 dds.
<i>Curvularia sp.</i>	Dietilditiocarbamato.	2,5 kg/ha	Aplicaciones foliares en V3-V5.
<i>Puccinia sorghi</i> y <i>P. polysora</i> .	Cyproconazole.	500 cm ³ /ha	Aplicar a la aparición de las primeras pústulas,

			en estadios vegetativos del cultivo a partir de V7.
<i>Mancha de Asfalto del maíz.</i>	Azoxystrobin más ciproconazol, propiconazole, ciproconazol, difenoconazol.	0.4 L/ha	Antes de la floración, etapa V10 a V11.
<i>Achaparramiento del maíz</i>	-----	-----	Control de vector <i>Dalbulus maidis</i>
<i>Syn Erwinia chrysanthemy, Erwinia carotovora</i>	Aplicaciones de bactericidas, yodos agrícolas, Dietilditiocarbamato.	Dosis recomendada por el fabricante.	Preventivo.
<i>Fusarium verticilloides.</i>	-----	-----	Control de <i>Helicoverpa zea.</i>

Fuente: Gordon (2021).

3.9. Cosecha

Se realizó de forma manual por tratamiento, en la etapa de madurez fisiológica, cosechando las dos hileras del medio, cortando la planta desde la base a ras de suelo, para su picado (mediante desmenuzadora a gasolina) y posterior pesaje del material (Figura 7).

Figura 7

Cosecha, picado y pesado.



3.10. Análisis Bromatológico

Para el análisis bromatológico del material picado, se pesó un kilogramo como muestra por tratamiento en cada bloque y su posterior envío al laboratorio. Los parámetros considerados en la evaluación fueron los propuestos por Gingis (2013) y Demanet (2019) (Figura 8).

Figura 8

Toma y etiquetado de muestras para análisis bromatológico.



3.11. Diseño Experimental

Se implementó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), que responde al siguiente Modelo Lineal Aditivo para este experimento (Kuehl, 2001):

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde: Y_{ij} = Observación de la respuesta en el nivel o bloque l th, con el bioestimulante j th.

μ = Media poblacional estimada por la media general del ensayo.

τ_i = Efecto del bioestimulante j th.

B_j = Efecto del l th nivel o bloque.

e = Error experimental.

Dónde: $i = 1, \dots, 5$

$J = 1, \dots, 4$

EL análisis de varianza se realizó mediante el Statistical Package for Social Sciences (SPSS). Se efectuaron pruebas de comparación de medias para los factores en estudio.

Tabla 11

Fuentes de variación de la ANOVA.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Bloque	$r - 1 = 4$
Tratamiento	$t - 1 = 3$
Error	$(r - 1) (t - 1) = 12$
Total	$rt - 1 = 19$

Parámetros evaluados:

- Altura de planta (m).
- Largo de hoja.
- Promedio de hojas.
- Rendimiento de biomasa (kg/Ha).
- Tasa de desarrollo.
- Bromatología.
- Análisis de costo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura de la Planta

En cuanto a la altura de la planta, el análisis de varianza, indicó que hubo diferencias altamente significativas entre los bloques (Bloq) (Sig. = 0,009), lo cual puede ser atribuido a la heterogeneidad de suelo en la parcela de investigación.

A pesar de que se presentó diferencia significativa entre los bloques, el coeficiente de determinación R cuadrado para este análisis fue aceptable, en el resto de las fuentes de variación no existió diferencias significativas (Tabla 10).

Tabla 12

ANOVA de la variable altura de planta.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	6,946a	7	,992	3,870	0,020
Interceptación	,010	1	,010	,038	0,848
Bloq.	5,680	4	1,420	5,537	0,009**
Trat.	1,266	3	,422	1,646	0,231
Error	3,077	12	,256		
Total	10,033	20			
Total, corregido	10,023	19			

R al cuadrado = 0,693

* Diferencia altamente significativa en el nivel de 0.05.

Los resultados de la prueba de comparación de medias (Tabla 13), para la variable altura de planta, muestra que existió diferencia altamente significativa entre los bloques 1 y 3, 3 y 4. Aunado a esto, existió diferencia significativa entre los bloques 1 y 5, 2 y 3, 5 y 4. Presentando la mayor media el bloque 2 con 186.83 centímetros (Figura 9).

Tabla 13

Prueba de diferencia mínima significativa para la variable altura de planta.

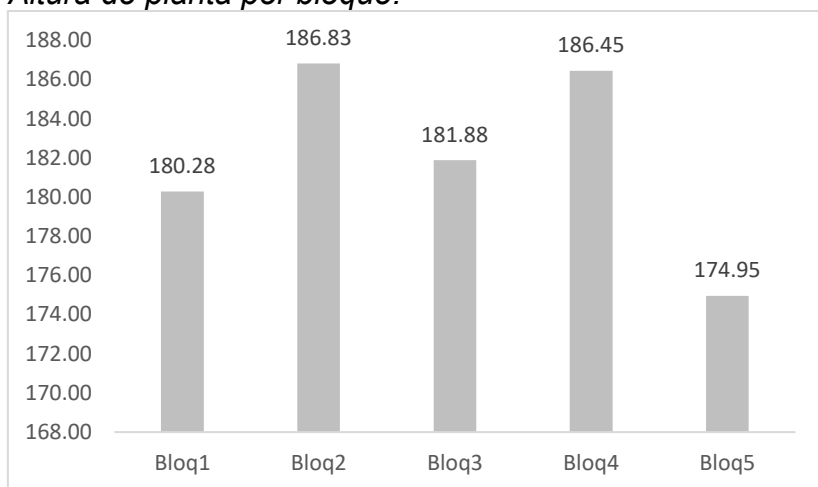
(I) Bloq	(J) Bloq	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	,3767	,35807	,314	-,4035	1,1569
	3	1,2253**	,35807	,005	,4451	2,0055
	4	-,1407	,35807	,701	-,9209	,6394
	5	,9681*	,35807	,019	,1880	1,7483
2	1	-,3767	,35807	,314	-1,1569	,4035
	3	,8486*	,35807	,035	,0684	1,6288
	4	-,5174	,35807	,174	-1,2976	,2627
	5	,5914	,35807	,124	-,1887	1,3716
3	1	-1,2253**	,35807	,005	-2,0055	-,4451
	2	-,8486*	,35807	,035	-1,6288	-,0684
	4	-1,3660**	,35807	,002	-2,1462	-,5859
	5	-,2572	,35807	,486	-1,0373	,5230
4	1	,1407	,35807	,701	-,6394	,9209
	2	,5174	,35807	,174	-,2627	1,2976
	3	1,3660**	,35807	,002	,5859	2,1462
	5	1,1089**	,35807	,009	,3287	1,8890
5	1	-,9681*	,35807	,019	-1,7483	-,1880
	2	-,5914	,35807	,124	-1,3716	,1887
	3	,2572	,35807	,486	-,5230	1,0373
	4	-1,1089**	,35807	,009	-1,8890	-,3287

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

** La diferencia de medias es altamente significativa en el nivel 0,05.

Figura 9

Altura de planta por bloque.



4.2. Largo de Hoja

Para la variable largo de hoja, el análisis de varianza indicó que hubo diferencias significativas entre los tratamientos (Trat.) (Sig. = 0,037), donde el coeficiente de determinación R cuadrado para este análisis fue aceptable; en el resto de las fuentes de variación no existieron diferencias significativas (Tabla 14).

Tabla 14

ANOVA de la variable largo de hoja.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	228,200a	7	32,600	2,251	,104
Interceptación	54080,000	1	54080,000	3733,947	,000
Bloq	59,000	4	14,750	1,018	,436
Trat	169,200	3	56,400	3,894	,037*
Error	173,800	12	14,483		
Total	54482,000	20			
Total, corregido	402,000	19			

R al cuadrado = 0,685. La diferencia significativa se encuentra en el nivel 0.05.

La prueba de diferencia mínima significativa (DMS) (Tabla 15) arroja que, para largo de hoja, existe diferencia entre los tratamientos testigo y micorriza con respecto a bacteria/micorriza, presentado las siguientes medias: 56.17 centímetros (cm), 53.81 cm y 48.50 cm, respectivamente (Figura 10).

Tabla 15

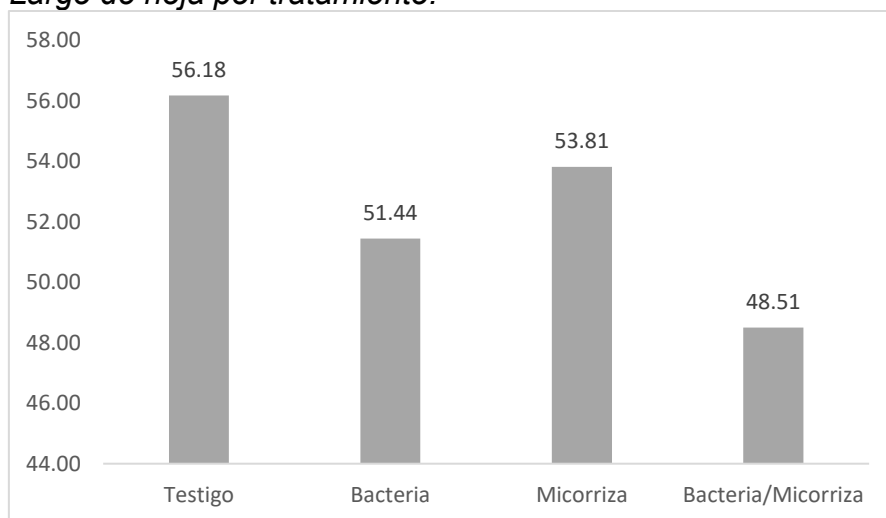
Prueba de diferencia mínima significativa para la variable largo de hoja.

(I) Trat	(J) Trat	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Testigo	Bacteria	5,0000	2,40693	,060	-,2443	10,2443
	Micorriza	2,4000	2,40693	,338	-2,8443	7,6443
	Bacteria/micorriza	7,8000*	2,40693	,007	2,5557	13,0443
Bacteria	Testigo	-5,0000	2,40693	,060	-10,2443	,2443
	Micorriza	-2,6000	2,40693	,301	-7,8443	2,6443
	Bacteria/micorriza	2,8000	2,40693	,267	-2,4443	8,0443
Mcorriza	Testigo	-2,4000	2,40693	,338	-7,6443	2,8443
	Bacteria	2,6000	2,40693	,301	-2,6443	7,8443
	Bacteria/micorriza	5,4000*	2,40693	,045	,1557	10,6443
Bacteria/micorriza	Testigo	-7,8000*	2,40693	,007	-13,0443	-2,5557
	Bacteria	-2,8000	2,40693	,267	-8,0443	2,4443
	Micorriza	-5,4000*	2,40693	,045	-10,6443	-,1557

* La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

Figura 10

Largo de hoja por tratamiento.



4.3. Promedio de Hojas

En cuanto al promedio de la hoja, el análisis de varianza indicó que no hubo diferencias significativas en ninguna de las fuentes de variación, el coeficiente de determinación R cuadrado para este análisis fue aceptable (Tabla 16).

Tabla 16

ANOVA de la variable promedio de hoja.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	5,085 ^a	7	,726	1,549	,241
Interceptación	,009	1	,009	,019	,894
Bloq	1,574	4	,394	,839	,526 N.S
Trat	3,510	3	1,170	2,496	,110 N.S
Error	5,626	12	,469		
Total	10,719	20			
Total, corregido	10,711	19			

a. R al cuadrado = 0,754, N.S: diferencia no significativa al nivel de 0.05

4.4. Rendimiento

En la variable rendimiento, el análisis de varianza indicó que hubo diferencias altamente significativas entre los bloques (Bloq) (Sig. = 0,007), lo cual puede ser atribuido a la heterogeneidad de suelo en la parcela de investigación.

A pesar de que se presentó diferencia altamente significativa entre los bloques el coeficiente de determinación R cuadrado para este análisis fue aceptable, en el resto de las fuentes de variación no existieron diferencias significativas (Tabla 17).

Tabla 17

ANOVA de la variable rendimiento.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	80,089 ^a	7	11,441	4,427	,012
Interceptación	6771,200	1	6771,200	2620,180	,000
Bloq	61,485	4	15,371	5,948	,007**
Trat	18,604	3	6,201	2,400	,119 N. S
Error	31,011	12	2,584		
Total	6882,300	20			
Total, corregido	111,100	19			

R al cuadrado = 0,721

Los resultados de la prueba de comparación de medias (Tabla 16), para la variable rendimiento, muestra que existió diferencia altamente significativa entre los bloques 1 y 5, 4 y 5. Aunado a esto, existió diferencia significativa entre los bloques

1 y 2, 3 y 5. Presentando la mayor media el bloque 1 con 20.8 kilogramos (Figura 11).

Tabla 18

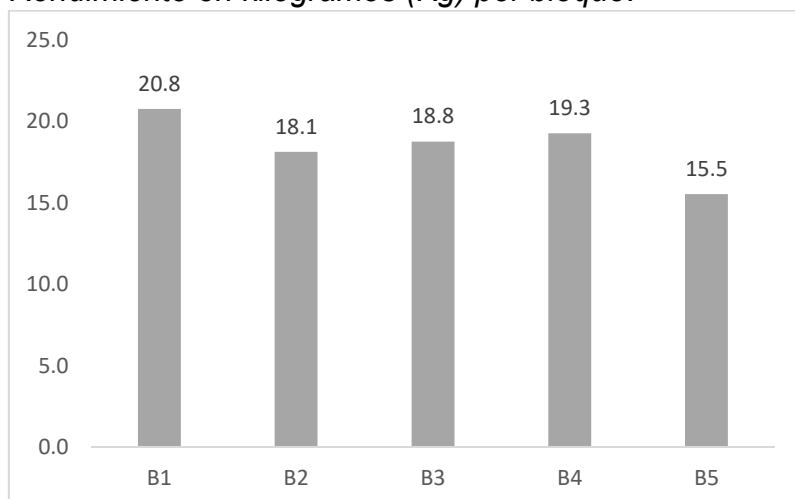
Prueba de diferencia mínima significativa para la variable rendimiento.

(I) Bloq	(J) Bloq	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	3,1750*	1,13672	,016	,6983	5,6517
	3	2,0500	1,13672	,096	-,4267	4,5267
	4	1,5250	1,13672	,205	-,9517	4,0017
	5	5,2500*	1,13672	,001	2,7733	7,7267
2	1	-3,1750*	1,13672	,016	-5,6517	-,6983
	3	-1,1250	1,13672	,342	-3,6017	1,3517
	4	-1,6500	1,13672	,172	-4,1267	,8267
	5	2,0750	1,13672	,093	-,4017	4,5517
3	1	-2,0500	1,13672	,096	-4,5267	,4267
	2	1,1250	1,13672	,342	-1,3517	3,6017
	4	-,5250	1,13672	,652	-3,0017	1,9517
	5	3,2000*	1,13672	,016	,7233	5,6767
4	1	-1,5250	1,13672	,205	-4,0017	,9517
	2	1,6500	1,13672	,172	-,8267	4,1267
	3	,5250	1,13672	,652	-1,9517	3,0017
	5	3,7250*	1,13672	,007	1,2483	6,2017
5	1	-5,2500*	1,13672	,001	-7,7267	-2,7733
	2	-2,0750	1,13672	,093	-4,5517	,4017
	3	-3,2000*	1,13672	,016	-5,6767	-,7233
	4	-3,7250*	1,13672	,007	-6,2017	-1,2483

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Figura 11

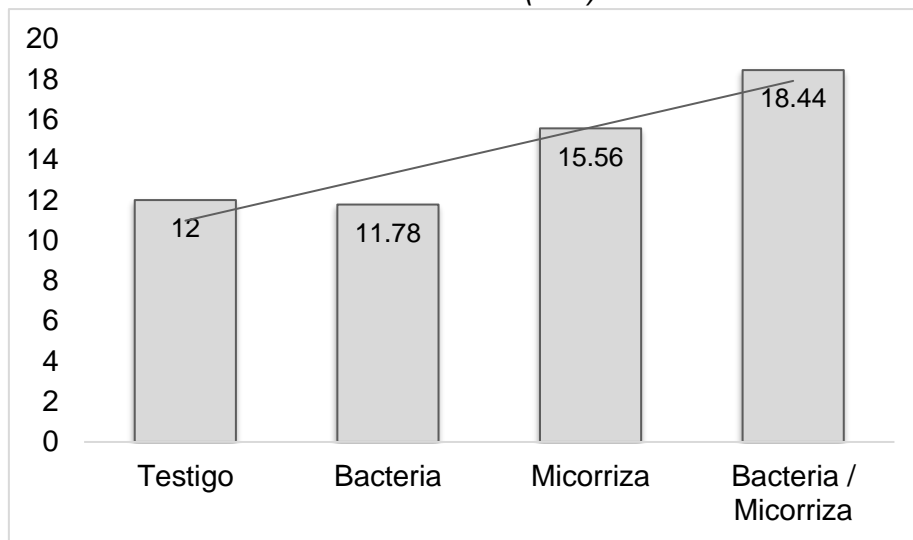
Rendimiento en kilogramos (Kg) por bloque.



A pesar de no existir diferencia significativa para la variable rendimiento por tratamiento, es importante mencionar los promedios obtenidos en el ensayo, donde el tratamiento bacteria/micorriza muestra la mayor media de producción con 18.44 t/ha, seguido de micorriza con 15.56 t/ha, el testigo con 12 t/ha y la bacteria con 11.78 t/ha (Figura 12).

Figura 12

Rendimiento en toneladas/hectárea (t/ha).



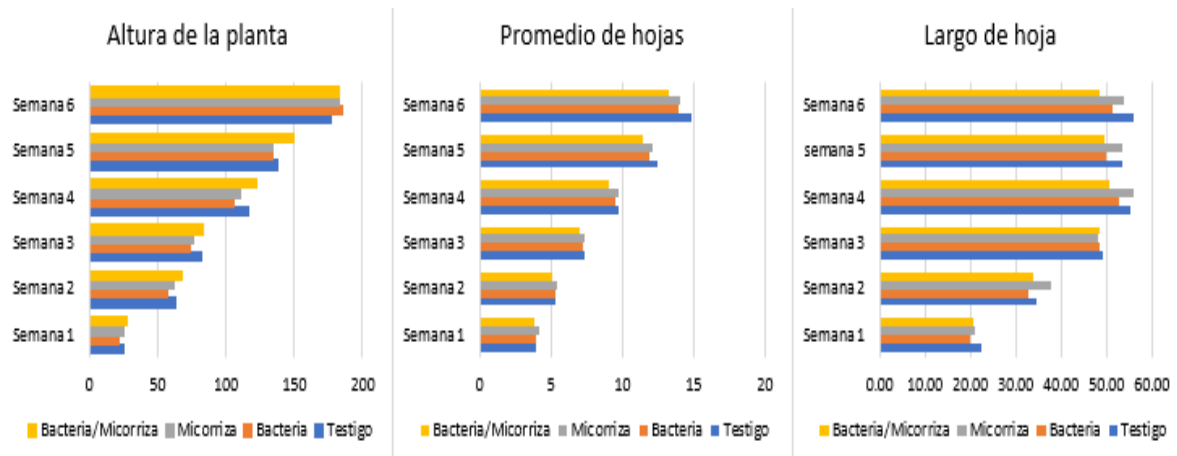
Cabe destacar que, el rendimiento (18.44 t) en biomasa obtenido para el tratamiento bacteria/micorriza dista considerablemente del reportado (35 t) por Wilcox y Rivera (2021). Es importante considerar que la presente investigación fue realizada en época seca y los resultados de contraste fueron obtenidos en época de lluvia, lo cual indica una disminución importante en el rendimiento de material P30-F35 dependiendo del momento de producción.

4.5. Tasa de Desarrollo

En la Figura 13, se observa la tasa de desarrollo semanal para las variables agronómicas medidas durante el ensayo. Donde la variable altura de planta en su media final, registró el mayor valor con la bacteria nitrificadora (185.24 cm), seguido de bacteria/micorriza (183.22 cm), micorriza (182.58 cm) y testigo (177.26 cm). Por otro lado, para la variable diámetro del tallo, se observa el valor más alto en el tratamiento testigo (2.456 cm) seguido de bacteria nitrificadora (2.402 cm), bacteria/micorriza (2.4 cm) y micorriza (2.39 cm). En cambio, con el tratamiento testigo se registró el mayor promedio (15) de hojas por planta, seguido de los tratamientos de bacteria y micorrizas (14) y bacteria/micorrizas (13). Mientras que, en la variable largo de hojas, el mayor valor se registró en el tratamiento testigo (56.18 cm), seguido de micorrizas (53.81 cm), bacteria (51.44 cm) y bacteria/micorriza (48.51 cm) (Figura 13).

Figura 13

Tasa de desarrollo por tratamiento por semana.



4.6. Bromatología

En la Tabla 19, se muestran las medias de los resultados del análisis bromatológico, con los parámetros considerados para su evaluación y comparación de resultados.

Tabla 19

Variables evaluadas en el análisis bromatológico.

	Testigo	Bacteria	Micorriza	Bacteria /Micorriza
% Mat. Sec.	41.44	40.14	40.5	41.64
% Hum.	58.56	59.88	59.5	46.96
% PC	6.86	7	6.76	5.26
% FDA	27.74	26.66	26.66	30.52
% Lignina	2.66	2.6	2.32	3.08
% Almidón	29.26	29.96	29.56	18.66
% TDN	66.8	68.2	68.4	65
EM	2.684	2.726	2.936	2.59
% Ceniza	4.086	3.724	3.99	2.934
% Fósforo	0.266	0.264	0.278	0.18
% Calcio	0.15	0.24	0.13	0.124
% Magnesio	0.116	0.108	0.112	0.104

En el análisis bromatológico (Tabla 19) para todos los tratamientos en estudio, el parámetro porcentaje de materia seca (%MS), presenta valores por debajo de la concentración (44.20%) propuesta por Gingis, (2013). Contrario a esto, evaluando el rango (33-35%) presentados por Demanet (2019), los datos obtenidos en este ensayo se consideran por encima de lo establecido para silo de maíz.

Con respecto al parámetro porcentaje de humedad, los tratamientos testigo, bacteria y micorriza presentan valores congruentes con los propuestos por Gingis,

(2013), contrariamente, en el tratamiento bacteria/micorriza se observa por debajo de los expresados por el autor.

El porcentaje de proteína cruda (%PC) y porcentaje de almidón (%almidón), presentan concentraciones menores a los reportados por Gingis, (2013), contrario a esto, el porcentaje de magnesio (%Magnesio) se observa en niveles por encima de lo establecido.

El porcentaje de fibra detergente acida (%FDA), lignina, nutrientes digestibles totales (%TDN) y la energía metabolizable (EM) para todos los tratamientos, se encuentran en valores cercanos a los presentados (2.36) por Gingis, (2013), por el contrario, en el rango (2.80 - 3.20) presentado por Demanet (2019), para el parámetro EM solo en el tratamiento micorriza muestra cifra admisible al contenido del silo de maíz.

En cuanto al porcentaje de ceniza (% Ceniza) y porcentaje de fósforo (% Fósforo) los datos presentados en este ensayo son similares a los resultados obtenidos por Gingis, (2013) en tres de los tratamientos (testigo, bacteria y micorriza), para el tratamiento bacteria/micorriza los números están por debajo del rango.

El porcentaje de calcio (% Calcio), en el tratamiento con bacteria nitrificadora, el valor es parecido al obtenido por Gingis, (2013); mientras que, los datos de los tratamientos testigo, micorriza y bacteria/micorriza está por debajo del rango.

4.7. Análisis Económico

Al realizar el análisis económico se observa que el ingreso en balboas (B/.) por hectárea se registró el mayor valor con el tratamiento bacteria/micorriza (2,243.22 B/.), seguido de micorriza (1,889.72 B/.), testigo (1,000.22 B/.) y bacteria nitrificadora (933.72 B/.). Por otro lado, en el costo por tonelada se observa el valor más alto en el tratamiento bacteria nitrificadora (120.74 B/.), seguido del testigo (116.65 B/.), micorriza (85.89 B/.) y bacteria/micorriza (78.35 B/.). En cambio, en la relación beneficio/costo el mayor valor se presenta en el tratamiento bacteria/micorriza (2.55), seguido de micorriza (2.33), testigo (1.71) y bacteria nitrificadora (1.66). De igual manera, en el porcentaje (%) de rentabilidad el mayor valor se registró en el tratamiento bacteria/micorriza (155.26 %), seguido de micorriza (132.86 %), testigo (71.45 %) y bacteria nitrificadora (65.65 %) (Tabla 20).

Tabla 20

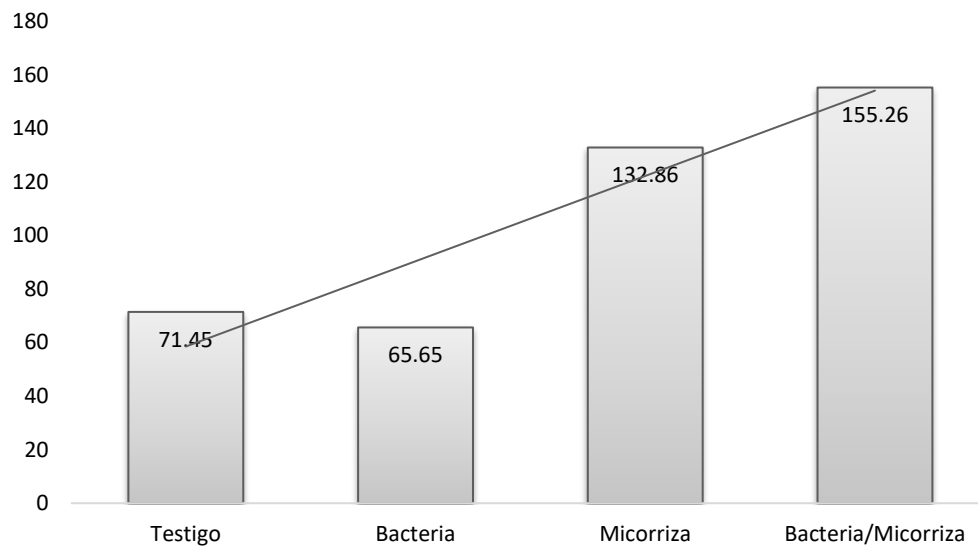
Análisis económico.

Tratamiento	Rendimiento tonelada por hectárea	Ingreso por hectárea B/.	Costo tonelada	Relación beneficio /costo	Rentabilidad %
Testigo	12	1,000.22	116.65	1.71	71.45
Bacteria	11.78	933.72	120.74	1.66	65.65
Micorriza	16.56	1,889.72	85.89	2.33	132.86
Bacteria/Micorriza	18.44	2,243.22	78.35	2.55	155.26

En la Figura 14, se observa el comportamiento gráfico de la rentabilidad, basados en el rendimiento medio de los tratamientos evaluados.

Figura 14

Porcentaje de rentabilidad.



CONCLUSIONES

Después de realizado este trabajo de investigación se puede concluir lo siguiente:

- Considerando las variables agronómicas evaluadas en el ensayo, solo se presentó diferencia estadística entre los tratamientos a nivel 0.05 para el largo de hoja, lo que representa una estabilidad en el comportamiento agronómico de la producción de silo con el híbrido simple P30-F35.
- En cuanto a los bloques, se presentó diferencia estadística en las variables altura de la planta y rendimiento, esto demuestra que implementar el diseño de bloques completo al azar fue acertado, para visualizar la heterogeneidad del suelo.
- En la prueba de DMS, se observa que existe diferencia altamente significativa a nivel 0.05 con respecto al testigo y diferencia significativa con la micorriza; sin embargo, la bacteria no presenta diferencia con ninguno de los tratamientos, a pesar de esto, al observarse variaciones en un solo parámetro, se corrobora la estabilidad en el comportamiento agronómico del material indistintamente del tratamiento aplicado.
- Para la tasa de desarrollo, en la variable altura, existió uniformidad en el desarrollo indistintamente del tratamiento. Por el contrario, para las variables

promedio de hoja y largo de hoja es evidente la diferencia de crecimiento en los tratamientos testigo y micorriza.

- En el análisis bromatológico (Tabla 7), para todos los tratamientos en estudio, la mayoría de las variables se observaron en valores aceptables por lo propuesto por Gingis, (2013) y Demanet (2019), en datos establecido para el silo de maíz.
- A pesar de que el modelo nos muestra que no existe diferencia estadística en el parámetro rendimiento para ninguno de los tratamientos, es importante destacar que, la diferencia en productividad del tratamiento (bacteria/micorriza), es 2.9 veces mayor que el tratamiento que lo precede (micorriza) y 6.6 con respecto al tratamiento con menor media (bacteria), lo que representa una disimilitud económica en la aplicación o no de la tecnología.
- Evaluando los datos del análisis económico presentado en la Tabla 8, el valor más alto de ingresos por hectárea (2,243.22 B/.) se presenta en el tratamiento bacteria/micorriza, seguido de micorriza, testigo y bacteria, con diferencias de 375.50 B/., 1243.00 B/. y 1309.50 B/., respectivamente, al mayor ingreso.
- Para relación beneficio/costo el valor más alto (2.55) se presenta en el tratamiento bacteria/micorriza seguido de micorriza, testigo y bacteria, con diferencias de 0.22, 0.84 y 0.89, respectivamente, al mayor costo/beneficio.

- En el Porcentaje de rentabilidad el valor más alto (155.26 %) se presenta en el tratamiento bacteria/micorriza seguido de micorriza, testigo y bacteria, con diferencias de 22.4 %, 83.81% y 89.61% con respecto a la mayor rentabilidad.

RECOMENDACIONES

Después de todo el proceso investigativo llevado a cabo, se dan una serie de recomendaciones:

- Atendiendo al rendimiento reportado en el ensayo presentado por Wilcox y Rivera (2021), donde no se utilizaron organismos eficientes en la producción, sería recomendable realizar investigaciones aplicando la tecnología planteada en este trabajo de grado y evaluar los resultados en la época de lluvia.
- En cuanto a la fertilización, los preceptos aportados por Elliott et al., (2020); Frew, (2020) y Parra et al., (2002), sobre la capacidad de disminución de los fertilizantes minerales con el uso de organismos eficientes, la evaluación de distintos niveles de abonamiento combinados con biofertilizantes es imperante en aras de una agricultura sustentable ecológica y económicamente.
- En esta investigación de campo, el material utilizado fue el P30-F35, se recomienda la evaluación de otros materiales con vocación a la producción de silo y realizar ensayos en diferentes localidades que demuestren el comportamiento agronómico y la influencia de los organismos eficientes en distintas zonas agroclimáticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias Hoyos, A. (2010). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Journal de ciencia e ingeniería* Vol. 02, 02, 42–45.
- Barea J., Pozo M. y Azcón C. (2016). *Significado y Aplicación de las micorrizas en agricultura*. <https://goo.su/kguo>
- Biofábrica Siglo XXI, S.A. (2019). *Hoja de datos de seguridad azofer y Micorrizafer*.
- Brundrett, M. y Tedersoo, L. (2018). Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*, [Archivo PDF]. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/nph.14976>
- Bonfante, P. y Venice, F. (2020). Mucoromycota: Going to the roots of plant-interacting fungi. *Fungal Biology Reviews*, [Archivo PDF]. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2019.12.003>
- Calvo S. (2011). Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. <file:///C:/Users/Usuario1/Downloads/DialnetBacteriasSimbioticasFijadorasDeNitrogeno-3761553.pdf>
- Cofré, P. y John E. (1998). *Ensilaje de Maíz*. INIA [Archivo PDF]. Recuperado de [bit.ly /3sMIWB6](http://bit.ly/3sMIWB6).
- Cofré, M. Soteras, F. Iglesias, M. Velázquez, S. Abarca, C. Ontivero, E. Cabello, M. Domínguez y L. Lugo, M. (2019). Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in South America: A review. Springer International Publishing, [Archivo PDF]. Recuperado de https://doi.org/10.1007/978-3-030-15228-4_3

- Demagnet, R. (2017). *Ensilaje de Maíz. "Tiempo entre Sellado y Apertura"* [Archivo PDF]. Plan Lechero WATT'S N° 3. Universidad de La Frontera. Recuperado de [bit.ly /3GTC9uu](https://bit.ly/3GTC9uu)
- Demagnet, R. y Canales, C. (2020). *Manual. Cultivo del maíz para ensilaje* [Archivo PDF]. Recuperado de [bit.ly /3BtZMZh](https://bit.ly/3BtZMZh)
- Ecologic Maintenances (2012). *Microorganismos efectivos EM en la Agricultura. Yucatán, México*. <http://www.emmexico.com>
- Elliott, A. Daniell, T. Cameron, D. y Field, K. (2020). A commercial arbuscular mycorrhizal inoculum increases root colonization across wheat cultivars but does not increase assimilation of mycorrhiza-acquired nutrients. *Plants, People, Planet*. [Archivo PDF]. Recuperado de <https://doi.org/10.1002/ppp3.10094>
- Frew, A. (2020). Contrasting effects of commercial and native arbuscular mycorrhizal fungal inoculants on plant biomass allocation, nutrients, and phenolics. *Plants, People, Planet*. [Archivo PDF]. Recuperado de <https://doi.org/10.1002/ppp3.10128>
- Fundases. (2014). *Fundación de Asesorías para el Sector Rural. Microorganismos Eficaces*. Agrophos. <http://fundases.com/p/solbac.html>
- Gálvez, R. y Rodríguez, I. (2009). MIDA - FAO. *Programa Nacional de Zonificación Agro-Ecológica. Resultados de la Zonificación Agro-Ecológica de 20 Especies de Pastos y Forrajes en la República de Panamá* [Archivo PDF]. Recuperado de bit.ly/3BowETg
- Gordón, R. (2012). *Manejo Integrado del Cultivo de Maíz. Guía Técnica*. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Impresora Central S. A. Panamá.

- Gordón, R. (2021). *El maíz en Panamá: Características, requerimientos y recomendaciones para su producción en ambientes con alta variabilidad climática. Manual técnico*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
- Köhl, L. Lukasiewicz, C. y Vander H. (2016). Establishment and Effectiveness of Inoculated Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agricultural Soils. *Plant, Cell and Environment*, [Archivo PDF]. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/pce.12600>
- Kato, Y. Mapes, S. Mera, O. Serratos, H. y Bye, B. (2009). *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica*. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. México, D.F., México. 116 pp.
- Ladino Orjuela, G. y Rodríguez Pulido, J. (2009). *Efecto de Lactobacillus casei, Saccharomyces cerevisiae, Rhodospseudomona palustris (microorganismos eficientes) y melaza en la ganancia de peso de tilapias (Oreochromis sp.) en condiciones de laboratorio*. Orinoquia, 13(1), 31-36. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89612776006>
- Luna Feijoo, M. y Mesa Reinaldo, J. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas [seriada en línea]*, 4 (2), 31-40. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). (2021). *Producción de leche en Panamá a buen ritmo de crecimiento*. [bit.ly /317GrQ](https://bit.ly/317GrQ)
- Moya, J.C. (2012). *Cómo hacer microorganismos eficientes*. Ministerio de agricultura y ganadería dirección regional central occidental. <http://fundases.com/p/solbac.html>

- Muñoz A. (Marzo 2020). Hablemos de ensilaje de maíz. Su importancia como recurso forrajero y la relevancia del monitoreo periódico. *Revista Infortambo Lechería Chile*. Edición 202, 34-38. Recuperado de [bit.ly /3gPosBZ](https://bit.ly/3gPosBZ)
- Oehl, F. Sieverding, E. Palenzuela, J. Ineichen, K. Da silva y Gladstone A. (2011). Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. IMA Fungus, [Archivo PDF]. Recuperado de <https://doi.org/10.5598/imafungus.2011.02.02.10>
- Parra, Y. y Cuevas, F. *Potencialidades de Azospirillum como inoculante para la agricultura Cultivos Tropicales*, [Archivo PDF]. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218120004.pdf>
- Pedraza, R. Teixeira K. Fernández A. García de Salamone I. Baca B. Azcón R. Baldani V. y Bonilla R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 11(2), 155-164. <https://goo.su/kz0Kyot>
- Peña N. Muñoz D. Peláez A. Acosta F. y Ramírez S. (2019). Beneficios del uso de las micorrizas en la agricultura. <https://goo.su/QzAksdj>
- Pérez, C. (2001). *Técnicas Estadísticas con SPSS*. PERSON EDUCACION, S. A. Madrid.
- Pérez Molina, S.M. (2010). *Efecto de microorganismos aplicados por fertirriego en la disponibilidad de fósforo en dos sistemas de cultivo de banano en la zona bananera del Magdalena*. Tesis de Maestría. Santa Marta: Universidad Nacional de Colombia.
- Pozo, M., Jung, S., Martínez, A., López, J., Azcón, C. y Barea, J. (2013). *Root allies: Arbuscular mycorrhizal fungi help plants to cope with biotic stresses In: Symbiotic Endophytes (Ed: R. Aroca)*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 289-307

PRP (2009). *Manual Práctico de Uso de EM. Edición N.º 1*. Proyecto de Reducción de Pobreza y Mejora de las Condiciones Higiénicas de los Hogares de la Población Rural de Menores Recursos. Uruguay.

Ramírez Martínez, M. (2009). *Tecnología de microorganismos efectivos (EM) aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible*. Tesis de Ingeniería Ambiental. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

República de Costa Rica. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. (2008). *Tecnología EM*. EMRO (Effective Microorganismo Research Organization Inc.). Limón: EARTH

Savary, R. Masclaux, F. Wyss, T. Droh, G. CruzJ. Machado, A. Morton, J. y Sanders, I. (2018). A population genomics approach shows widespread geographical distribution of cryptic genomic forms of the symbiotic fungus *Rhizophagus irregularis*. [Archivo PDF]. Recuperado de <https://doi.org/10.1038/ismej.2017.153>

Schussler, A (2020). Glomeromycota species list. Glomeromycota: Phylogeny and Taxonomy of Glomeromycota (Arbuscular Mycorrhizal (AM) and Related Fungi). [Archivo PDF]. Recuperado de <http://www.amf-phylogeny.com/>

Stürmer, S. y Kimmelmeier, K. (2021). The Glomeromycota in the Neotropics. *Frontiers in Microbiology*, [Archivo PDF]. Recuperado de <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.553679>

Valencia, A. Hernández, A. y López, L. (mayo•agosto 2011). El ensilaje: ¿qué es y para qué sirve?. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*. Volumen XXIV, Número2, 9. [bit.ly /3gN0ojn](http://bit.ly/3gN0ojn)

ANEXOS

Anexo 1

Prueba de germinación.



Anexo 2

Conteo de germinación.



Anexo 3

Marcado de campo e instalación de sistema de riego por goteo.



Anexo 4

Control preventivo de plagas y enfermedades.



Anexo 5

Medición en campo.



Anexo 6

Parámetros de calidad esperados en un buen ensilaje de maíz.

<i>Parámetro</i>	<i>Nivel esperado en el ensilaje</i>
<i>% Materia seca</i>	<i>33 - 35 %</i>
<i>% FDN</i>	<i>35 - 40%</i>
<i>EM (Mcal/kg)</i>	<i>2,80 - 3,20</i>
<i>Digestibilidad de FDN</i>	<i>70 - 75%</i>
<i>Contenido de Almidón</i>	<i>35 - 40%</i>


En un ensilaje de calidad, se espera que el contenido de materia seca se ubique entre 33 a 35%, y el contenido de almidón supere el nivel de 35%.

Fuente: Demanet (2019).

Anexo 7

Valores de referencia en silo de maíz.

Cuadro 1			
Valores de referencia en silajes de maíz			
	Inmaduro <25% MS	Normal 32-38% MS	Maduro >40% MS
Humedad	76,5%	64,9%	55,8%
Proteína	9,7%	8,8%	8,3%
Extracto Etéreo	2,5%	3,3%	3,2%
Fibra Bruta	27,0%	22,0%	21,5%
FDN	54,1%	45,0%	44,5%
FDA	34,1%	28,1%	27,5%
Almidón	15,0%	35,0%	35,0%
Lignina	3,5%	2,6%	3,1%
Cenizas	4,8%	4,3%	4,0%
Calcio	0,29%	0,28%	0,26%
Fósforo	0,24%	0,26%	0,25%
Magnesio	0,05%	0,06%	0,05%
Materia seca	23,50%	35,10%	44,20%
Grano	20,8%	48,6%	48,6%
TND	65,6%	68,5%	65,4%
Energía Metab.	2,37 Mcal/kg MS	2,47 Mcal/kg MS	2,36 Mcal/kg MS



Fuente: Gingins (2013).