

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA UNAN –LEON**  
**ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS Y VETERINARIAS**  
**DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA**



**Evaluación de cepas nativas de micorrizas arbusculares para su uso en fertilización orgánica en el cultivo del Maíz (*Zea Mays*) época de postrera del ciclo 2018/2019.**

**Trabajo presentado como requisito previo para optar al título de Ingeniero en Agroecología Tropical**

**Presentado por:**

**Br. Fernando Joel Mayorga Darce**

**Br. Jesse Abraham Martínez Thomas**

**Tutor:**

**MSc. Patricia Castillo UNAN-León**

**Asesor:**

**MSc. Isidro Enrique Rosales G. INTA Región II**

**“A la Libertad Por la Universidad “**

## INDICE

i.	INDICE DE FIGURAS.....	2
ii.	INDICE DE TABLAS .....	2
iii.	INDICE DE GRAFICAS .....	3
iv.	RESUMEN .....	4
I.	INTRODUCCIÓN .....	5
II.	OBJETIVOS .....	7
2.1.	Objetivo general.....	7
2.2.	Objetivos específicos .....	7
III.	<i>HIPÓTESIS</i> .....	8
3.1.	Hipótesis Nula .....	8
3.2.	Hipótesis Alternativa.....	8
IV.	MARCO TEORICO.....	9
4.1.	Cultivo de maíz.....	9
4.2.	Taxonomía del cultivo .....	10
4.3.	Principales zonas del país donde se cultiva el maíz .....	11
4.4.	Variedades de NB-6 .....	12
4.5.	Manejo de fertilización de los agricultores en el cultivo de maíz .....	12
4.6.	Principales problemas de la fertilización convencional .....	12
4.8.	Importancia de las micorrizas.....	15
4.9.	Taxonomía de micorrizas.....	16
4.10.	Tipos de abono orgánico .....	17
4.11.	El Humus o tierra de hoja (es un abono natural).....	18
4.12.	Estiércol animal.....	18
4.13.	Abono verde.....	19
4.14.	Cenizas, huesos y basura orgánica. ....	19
4.15.	Composta. ....	19
4.16.	Fertilizantes orgánicos fermentados.....	19
4.17.	Abono orgánico fermentado tipo bocachi. ....	20
4.18.	Biofertilizantes.....	24
4.19.	Microorganismos utilizados como biofertilizantes .....	25
4.20.	Perspectivas de los biofertilizantes .....	26
V.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	27
5.1.	Ubicación.....	27
5.2.	Tipo de estudio.....	27

5.3.	Diseño experimental .....	28
5.4.	Tratamientos evaluados.....	28
5.5.	Manejo del experimento.....	29
5.6.	Variables de desarrollo evaluadas .....	29
5.7.	Variable de costo beneficios.....	30
5.8.	Variable de porcentaje de colonización de arbusculos de HMA de micorrizas. ....	31
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
6.1.	Condiciones agroclimáticas .....	32
	El experimento de maíz se llevó a cabo en la finca del productor Francisco José Reyes Briceño, en la comunidad de Pellizco Occidental, Municipio de Chichigalpa, el cual está ubicado en las coordenadas geográficas UTM X: 04996261 Y: 1394039, a una altitud de 147 msnm, una precipitación promedio anual de 1986 mm, temperatura promedio de 27 °C, suelos franco limosos con pendientes de 3% y drenajes moderados. (MAG 2013. Mapa agroecológico: 1:50,000). ....	32
6.2.	Variables de crecimiento y desarrollo .....	32
6.3.	Variables de rendimiento .....	36
6.4.	Colonización de arbusculos de HMA de micorrizas.....	40
6.5.	Análisis económico.....	40
	Análisis tasa de retorno marginal (T.R.M) y de dominancia .....	42
VII.	CONCLUSIONES .....	44
VIII.	RECOMENDACIONES.....	45
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	46
	ANEXOS.....	48
	Anexo 1.....	48
	Anexo 2. Registro de variables de rendimiento .....	49
	Anexo 3. Hoja de toma de datos .....	50
	Anexo 4. Plano de Ensayo de Evaluación de cepas nativas de micorrizas en Maíz .....	50
	Anexo 5. Comportamiento variable de crecimiento y rendimiento. ....	50
	Anexo 6. Galería de fotografía del trabajo del experimento.....	51
i.	INDICE DE FIGURAS	
	Figura 1. Diagrama representativo entre hongos formadores de micorrizas arbuscular .....	17
	Figura 2. Ubicación de experimento de Maíz código 1220. INTA KoLFACI 2018-2019. ....	27
ii.	INDICE DE TABLAS	
	Tabla 1. Rendimientos versus otras variables productivas por departamento .....	11
	Tabla 2. Ventajas y desventajas del uso de fertilizantes convencional y orgánicos. ....	24

Tabla 3. Dosis y forma de aplicación empleada en el experimento .....	28
Tabla 4. Presupuesto parcial del experimento de Evaluación de cepas nativas de micorrizas para su uso en fertilización biológica en el cultivo de Maíz, variedad NB-6. ....	41
Tabla 5. Análisis tasa de retorno marginal (T.R.M) y de dominancia .....	42
Tabla 6. Análisis de dominancia del experimento de Evaluación de cepas nativas de micorrizas para su uso en fertilización biológica en el cultivo de Maíz. ....	43

### iii. INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Precipitaciones registradas durante el período agosto-octubre 2018 en la comunidad el Pellizco Occidental, Municipio de Chichigalpa, Chinandega .....	32
Gráfica 2. Altura promedio en el cultivo de maíz.....	33
Gráfica 3. Diámetro promedio en el cultivo de maíz.....	34
Gráfica 4. Número de hojas promedio en el cultivo de maíz.....	35
Gráfica 5. Altura promedio de mazorca en el cultivo de maíz. ....	36
Gráfica 6. Número total de mazorcas en la parcela útil del cultivo de maíz. ....	37
Gráfica 7. Peso de granos cosechados en la parcela útil en el cultivo de maíz. ....	38
Gráfica 8. Rendimiento promedio en el cultivo de maíz .....	39
Gráfica 9. Porcentaje de colonización de micorrizas por tratamientos en el cultivo de maíz. ....	40

#### iv. RESUMEN

El maíz es una planta micotrófica facultativa y un cultivo que integra la dieta familiar nicaragüenses. La investigación con hongos formadores de micorrizas arbusculares en combinaciones con fertilización orgánica, contribuye a una alternativa sostenible que minimiza el impacto al medio ambiente y salud humana derivado del uso de agroquímicos. Se evaluó la asociación entre las micorrizas en combinaciones de fertilización orgánica y biofertilizante con el maíz (*Zea mays* L. Variedad NB-6), establecido en la comunidad El Pellizco Occidental, Chichigalpa. Se realizó un diseño completamente al azar, con cuatro bloques y cuatro repeticiones. Se midió la altura de planta, altura de la mazorca, número de hojas, número de mazorcas por área útil y los rendimientos promedios kg/ha. En el caso de otras variables de crecimiento no tuvieron resultados significativos. En el rendimiento los tratamientos testigo referencial (completo 12-30-10 más Urea 46 %), el tratamiento micorriza-bocachi-biofertilizante obtuvo un rendimiento de 3,545.08 kg/ha, el tratamiento micorrizas-bocachi obtuvo un rendimiento de 2,744.46 kg/ha y el testigo absoluto sin aplicación de fertilizantes dio un rendimiento de 1,076.28 kg/ha. pero iguales estadísticamente. En el caso del comportamiento de la colonización por arbusculos de micorrizas se obtuvo mejor porcentaje con el tratamiento Micorriza-bocachi-biofertilizante con 34 % presentes en las raíces, Micorriza-bocachi con 30 % y el resto menos 20 %. El análisis económico con la utilización de cepas de micorrizas en combinaciones con fertilizaciones orgánicas en maíz, la mayor tasa de retorno marginal del 69 % es con uso de micorriza más bocachi, y su el beneficio neto marginal de C\$ 741.43 C\$/ha en relación a lo convencional.

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea originaria del continente americano, de gran importancia para el consumo humano y animal. Este cultivo se caracteriza por tener una gran adaptabilidad a las condiciones climáticas, un ciclo fenológico relativamente corto y propiedades esquilmanes, por lo que se ha empleado como modelo en diferentes investigaciones y como cultivo sucesor en los sistemas de rotaciones de cultivo. (Mena Echevarría, Olalde, Fernández, & Serrato, 2013).

La variedad de maíz NB-6 tiene una variedad intermedia de 110 días en el cultivo, apta para las siembras de primera y postrera, por su buen potencial de rendimiento y tolerancia al achaparramiento. Esta variedad se recomienda para toda zona del Pacífico y en ambientes húmedos e intermedios de los departamentos de Jinotega, Matagalpa, Nueva Segovia, Estelí, Masaya, León y Chinandega (INTA, 2010).

La producción de maíz del país está basada en el uso de fertilizantes químicos, que cada día aumenta los costos de producción y disminuyen los rendimientos del maíz, razón por la cual los productores de la zona occidente han dejado de sembrar el cultivo de maíz, afectando la seguridad alimentaria de la familia.

Debido a los efectos negativos que han causado los fertilizantes químicos en la productividad del cultivo de maíz y en el deterioro del medio ambiente, se requieren de nuevas alternativas para el manejo del cultivo, para lograr una mayor estabilidad en los rendimientos y se propicie la vida de microorganismo y macroorganismo que están presente en suelo. La micorrización es una de las técnicas biológicas empleadas por el hombre para obtener elevados rendimientos, mejor calidad fitosanitaria y aumentar el contenido de materia orgánica del suelo.

El concepto de la tecnología es la inclusión de microorganismos en las semillas (inoculación), estos microorganismos trabajan básicamente sobre la disponibilidad del fósforo hacia el vegetal; también se informan otras funciones no menos importantes: desarrollo radical más abundante y efecto protector contra enfermedades fúngicas de la raíz. (Noda, 2009). El interés por la micorriza se debe a su enorme potencial que tiene en suelos tropicales, que usualmente exhiben baja

disponibilidad de P donde los hongos micorrícicos podrían servir como un bioinsumo agrícola no contaminante y de bajo costo.

Uno de los microorganismos más utilizado es la micorriza arbuscular (MA), consiste en la simbiosis mutualista que se establece entre hongos del Phylum Glomeromycota y la mayoría de plantas vasculares es de gran importancia en los sistemas agrícolas y tiene capacidad de incrementar la absorción de nutrientes poco móviles, principalmente fósforo (P). Las MA le confieren a la planta otros beneficios, tales como: estimulación del crecimiento, resistencia al ataque de plagas y enfermedades y contribuye a mejorar la estructura del suelo (Pérez- Luna, y otros, 2012).

Además, las MA mejoran la captación de agua, permitiendo la sobrevivencia de las plantas en condiciones adversas, aumentando la resistencia de la planta a la sequía obteniendo tolerancia a estrés hídrico (Cerdeja Castillo, 2004).

El uso de micorrizas como fertilizante orgánico pretende incorporar nuevas prácticas agrícolas para las familias productoras de maíz, para bajar el uso de productos químicos sintéticos, mejorando así la difícil situación en la que se encuentra la agricultura campesina, debido al incremento del costo de los fertilizantes (Pérez- Luna, y otros, 2012) y por otro lado tornando sus sistemas de producción más resilientes frente a los cambio climático.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. *Objetivo general*

- Evaluar la influencia de inoculación de cepas de micorrizas, con fertilización orgánica versus fertilización convencional en crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz.

### 2.2. *Objetivos específicos*

- Determinar el efecto de las micorrizas en el crecimiento del cultivo de maíz con los dos tipos de fertilización orgánica y convencional.
- Estimar el rendimiento del cultivo del maíz con micorrizas y los dos tipos de fertilizantes orgánicos y convencionales.
- Determinar el costo beneficio del uso de micorrizas cultivo del maíz con dos tipos de fertilizantes orgánicos y convencionales.

### III. **HIPÓTESIS**

#### 3.1. **Hipótesis Nula**

- La aplicación de micorrizas arbusculares con urea 46% tendrá mayor efecto en la producción de maíz (*Zea mays*) que la aplicación de micorrizas arbusculares con fertilizante orgánico.

#### 3.2. **Hipótesis Alternativa**

- La aplicación de micorrizas arbusculares con urea 46% no tendrá mayor efecto en la producción de maíz (*Zea mays*) que la aplicación de micorrizas arbusculares con fertilizante orgánico.

## IV. MARCO TEORICO

### 4.1. *Cultivo de maíz*

El maíz pertenece al grupo de las gramíneas más importantes como alimentos, perteneciente a la especie *Zea mays*, originaria de América. Se estima que apareció hace más de ocho mil años y una de las hipótesis con mayor fuerza es que comenzó a cultivarse, a partir de una especie silvestre teosinte que tiene cinco especies en México, Guatemala y Nicaragua. Existe evidencia molecular que indica que el antecesor del maíz es una planta nativa del trópico seco del sur oeste de México.

Habiéndose difundido al resto del mundo entre los siglos XVI y XVIII, hoy en día, el maíz cumple una función importante en la alimentación de más de 400 millones de habitantes. Este grano es el cultivo de mayor relevancia a nivel mundial, tanto por su volumen de producción, diversidad de uso y cantidad de países productores. El mayor destino es para consumo forrajero y la fabricación de fructosa, aceites y combustibles, habiéndose distinguido más de 600 derivados de dicho producto. (Castillo Cajina & Bird Moreno, 2013)

El consumo de maíz con alto contenido de proteínas mejora el estado nutricional de los niños que lo consumen (Ortega et al., 2009). Así, el consumo de maíz podría ayudar a reducir la alta prevalencia de desnutrición crónica y de anemia, las cuales en Nicaragua alcanzan 21.7 y 11.8 por ciento del total de niños, respectivamente, según el Programa Conjunto Modelo Integrado (2009). Debido a la importancia del maíz en materia de seguridad alimentaria y a la importancia relativa de este cultivo en relación con la producción agropecuaria, el Gobierno y cooperantes, han impulsado programas orientados a entregar semillas mejoradas y capacitar al productor. (Castillo Cajina & Bird Moreno, 2013)

El maíz es un producto relevante en la dieta de los nicaragüenses, el que es consumido por el 80 por ciento de la población en forma de tortilla que representa cerca de 29 por ciento de la energía dietética del nicaragüense.

#### 4.2. *Taxonomía del cultivo*

Reino: Plantae

Subdivisión: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Subtribu: Tripsacinae

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays*

(Blanco, 1880-1883.)

### 4.3. Principales zonas del país donde se cultiva el maíz

Tabla 1. Rendimientos versus otras variables productivas por departamento

Departamento	Área <sup>1/</sup>		Variedad de semilla <sup>2/</sup>		
	Sembrada	Cosechada	Criolla	Mejorada	Híbrida
Boaco	5.2	4.9	46.4	51.4	2.2
Carazo	1.1	0.7	60.5	37.8	1.7
Chinandega	4.2	4.6	80.2	19.8	0.0
Chontales	3.2	3.7	43.3	55.7	1.0
Estelí	7.1	6.4	48.1	49.2	2.8
Granada	0.5	0.4	62.7	35.5	1.8
Jinotega	17.1	19.3	50.8	47.2	2.0
León	3.8	2.8	56.6	36.1	7.2
Madriz	6.4	6.4	57.1	30.6	12.2
Managua	2.2	1.8	64.6	34.1	1.3
Masaya	1.2	1.4	53.4	42.7	3.8
Matagalpa	22.0	21.6	43.8	45.6	10.6
Nva. Segovia	8.4	8.8	34.3	27.4	38.3
RAAN	8.8	8.1	48.1	46.3	5.6
Rio San Juan	4.1	4.8	53.7	38.4	7.9
Rivas	1.0	0.4	82.8	17.2	0.0
Zelaya Centro-Oeste	3.7	3.9	58.7	39.6	1.7
<b>% dentro del total</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>54.3</b>	<b>39.8</b>	<b>5.9</b>

1-Como porcentaje de las cifras nacionales.

2-Como porcentaje de cada departamento.

Fuente: encuesta de producción de granos básicos, época de primer ciclo 12/13, procesamiento propio. (Castillo Cajina & Bird Moreno, 2013)

La tabla uno muestra que en León solamente hay un 3.8 % de maíz sembrado del área total a nivel del país y de ese porcentaje el 7.2% es sembrado con semillas híbridos.

#### **4.4. Variedades de NB-6**

NB-6 Variedad intermedia de Maíz de 110 días apta para las siembras de primera y postrera, por su buen potencial de rendimiento y tolerancia al achaparramiento. La variedad se recomienda para toda zona del Pacífico y en ambientes húmedos e intermedios de los departamentos de Jinotega, Matagalpa, Nueva Segovia, Estelí, Masaya, León y Chinandega.

Características agronómicas NB-6 días a flor femenina 54 a 56, altura planta (cm) 220 a 235, altura mazorca (cm) 115 a 115, color de grano blanco tipo de grano semi-dentado, textura del grano semi-cristalino días a cosecha 110 a 115 madurez relativa intermedia rendimiento comercial 65 a 70 qq/mz cobertura de mazorca buena densidad poblacional 37 a 43 mil ptas/mz ventaja sobresaliente tolerante al achaparramiento. (Tecnologías INTA, 2010)

#### **4.5. Manejo de fertilización de los agricultores en el cultivo de maíz**

Al momento de la siembra se recomienda fertilizar con Completo 12-30-10 (2 qq/mz) mezclados con productos autorizados para control de plaga de suelo. El fertilizante tiene que ser depositado al fondo del surco.

De los 35 a 40 días después de la siembra se debe efectuar una fertilización nitrogenada con urea 46% de forma fraccionada de 2 qq/mz. En siembras al espeque, la fertilización se realiza con 2 quintales de fertilizante completo al momento de la siembra y un quintal de urea 46% treinta días después de la siembra. Si usa compost aplicar entre 20 a 30 qq/mz. El fertilizante tiene que ser incorporado, no debe quedar destapado. (INTA, 2010).

#### **4.6. Principales problemas de la fertilización convencional**

La producción agropecuaria tiene unos profundos efectos en el medio ambiente en conjunto. Son la principal fuente de contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas. También son la mayor fuente antropogénica de gases responsables del efecto invernadero, metano y óxido nitroso, y contribuyen en gran medida a otros tipos de contaminación del aire y del agua. Los métodos agrícolas, forestales y pesqueros y su alcance son las principales causas de la pérdida de biodiversidad del mundo. Los costos externos globales de los tres sectores pueden ser considerables.

La agricultura afecta también a la base de su propio futuro a través de la degradación de la tierra, la salinización, el exceso de extracción de agua y la reducción de la diversidad genética agropecuaria. Sin embargo, las consecuencias a largo plazo de estos procesos son difíciles de cuantificar. (Harrison & FAO, 2002)

La contaminación de las aguas subterráneas por los productos y residuos agroquímicos es uno de los problemas más importante en casi todos los países desarrollados y, cada vez más, en muchos países en desarrollo.

La contaminación por fertilizantes se produce cuando éstos se utilizan en mayor cantidad de la que pueden absorber los cultivos, o cuando se eliminan por acción del agua o del viento de la superficie del suelo antes de que puedan ser absorbidos. Los excesos de nitrógeno y fosfatos pueden infiltrarse en las aguas subterráneas o ser arrastrados a cursos de agua. Esta sobrecarga de nutrientes provoca la eutrofización de lagos, embalses y estanques y da lugar a una explosión de algas que suprimen otras plantas y animales acuáticos.

En las proyecciones de cultivos para el año 2030, se supone un menor crecimiento del uso de fertilizantes nitrogenados que en el pasado. Si se puede mejorar el rendimiento, el incremento en el uso total de fertilizantes entre 1997-99 y 2030, podría ser tan reducido como el 37 por ciento. Sin embargo, el uso actual en muchos países en desarrollo es muy ineficaz.

Insecticidas, herbicidas y fungicidas también se aplican intensamente en muchos países, tanto desarrollados como en desarrollo, lo que provoca la contaminación del agua dulce con compuestos carcinógenos y otros venenos que afectan al ser humano y a muchas formas de vida silvestre. Los plaguicidas también reducen la biodiversidad, ya que destruyen hierbas e insectos y con ellos las especies que sirven de alimento a pájaros y otros animales.

La agricultura es también una fuente de contaminación del aire. Es la fuente antropogénica dominante de amoníaco. El ganado representa aproximadamente el 40 por ciento de las emisiones globales, los fertilizantes minerales el 16 por ciento y la combustión de biomasa y residuos de cultivos el 18 por ciento aproximadamente.

El amoníaco es un acidificante todavía mayor que el dióxido azufre y los óxidos de nitrógeno. Es una de las causas principales de la lluvia ácida que daña los árboles, acidifica los suelos, los lagos y los ríos y perjudica la biodiversidad. A medida que otros gases acidificantes como el dióxido de azufre se someten a un control más estricto, el amoníaco puede llegar a ser la causa principal de acidificación. Es probable que las emisiones de amoníaco procedentes de la agricultura sigan aumentando, tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo. Las proyecciones pecuarias suponen un aumento del 60 por ciento en las emisiones de amoníaco procedentes de excrementos de animales. La combustión de biomasa de plantas es otra fuente importante de contaminantes del aire que incluyen dióxido de carbono, óxido nitroso y partículas de humo. Se estima que los seres humanos son responsables del 90 por ciento aproximadamente de la combustión de biomasa, principalmente a través de la quema deliberada de vegetación forestal, asociada con la deforestación, y residuos de pastos y cultivos para favorecer el crecimiento de nuevos cultivos y destruir hábitat de insectos dañinos. (Harrison & FAO, 2002)

#### ***4.7. Alternativas de fertilización agroecológica***

El tipo de asociación hongo-raíz más extendido en la naturaleza tal vez sea la llamada endomicorriza o micorriza arbusculares, formada por ciertos zigomicetos, los cuales no desarrollan red de Hartig y colonizan intracelularmente la corteza de la raíz por medio de estructuras especializadas denominadas arbusculos, que actúan como órganos de intercambio de nutrientes entre la célula vegetal y el huésped. Algunos géneros de estos hongos forman también otro tipo de estructuras llamadas vesículas, compuestas principalmente por lípidos. Estas vesículas están presentes intercelularmente en la corteza de la raíz y se consideran reservorios de nutrientes para el hongo. La presencia tanto de arbusculos como de vesículas dio lugar a que la simbiosis se conociera originalmente como vesículo-arbuscular (VA), sin embargo, no todas las especies de hongos forman vesículas, por lo que en la actualidad la asociación se conoce como micorriza arbuscular (MA) (Olalde Portugal & Aguilera Gómez, 2007).

#### 4.8. *Importancia de las micorrizas*

Durante toda su vida la planta vive en íntima relación con los microorganismos a excepción de las crucíferas y liliáceas, tienen micorrizas en sus raíces, es decir, hongos que las ayudan a movilizar los nutrientes alrededor de la raíz. Muchas plantas tienen una simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno tanto en las raíces como en las hojas.

En la rizosfera, el espacio densamente enraizado del suelo, existe un gran número de bacterias, hongos y actinomicetos, que aprovechan las excreciones radiculares de la planta que incluyen aminoácidos, azúcares, hormonas, vitaminas y gran cantidad de ácidos orgánicos. Estas sustancias sirven como fuente de carbono para los microorganismos, es decir, energía y a su vez estos defienden el espacio de la raíz con antibióticos contra agentes patógenos, no porque cuiden la salud vegetal, sino porque no quieren compartir con otros esta fuente segura de alimento, cuanto mejor nutrida esté la planta, más intensa es la micro vida en la zona de su raíz y tanto más garantida está la planta contra pestes.

Como la vida en la rizófora depende de la nutrición de la planta, es posible modificar la nutrición a través de fertilización foliar y así modificar todo lo que se vive en el espacio de la raíz. La relación microorganismo - planta depende de las condiciones de la planta, si esta está bien nutrida y crece fuerte y sana, los microorganismos la benefician y la defienden, si la planta está mal nutrida, los microorganismos patógenos pueden llegar hasta su raíz y atacarla. (Primavesi, 1984)

En toda la naturaleza, si algún suelo es pobre, las plantas estarán mal nutridas y su microvida radicular será unilateral y las pestes la atacarán ya que, si hay un desequilibrio mineral, la planta no está biológicamente completa y con ello es más fácil que sea atacada por plagas. Por el contrario, si el suelo es rico en nutrientes y materia orgánica, las plantas prosperarán, la microvida mejorará y nada podrá perjudicarlas seriamente. Muchos creen que los hongos siempre son perjudiciales cuando atacan la raíz vegetal, pero existen hongos que hasta viven en simbiosis con las raíces, beneficiando a las plantas. Estos hongos son las micorrizas.

La palabra micorriza viene de las radicales *Myc*= hongo y *rhiz*, que es concerniente a la raíz. Si el suelo está suficientemente aireado y las plantas son razonablemente fuertes, sus raíces estarán pobladas por hongos que prácticamente todas las plantas poseen a excepción de las *Crucíferas* y las *Liliáceas*. Con la disminución del pH del suelo aumenta la flora fúngica, existe así un efecto

altamente selectivo sobre los microorganismos en general y los hongos en particular, a su vez, los hongos movilizan nutrientes minerales hacia las plantas, aumenta la posibilidad de retirar agua del suelo, fijan nitrógeno y defienden la rizófora por medio de antibióticos, siendo las micorrizas las más eficientes. La flora fúngica puede llegar hasta la simbiosis con las raíces y son más frecuentes en suelos vírgenes que en los cultivados, son más frecuentes en no leguminosas que en leguminosas por ser ávidos de azúcares. Antiguamente se pensaba que fuesen privativos de *Pinus*, pero hoy se sabe que prácticamente no existe planta alguna que no consiga entrar en simbiosis con hongos, inclusive el cafeto. (Primavesi, 1984)

Toda fertilización que estimula el crecimiento vegetal estimula igualmente el crecimiento y la multiplicación de los hongos, siendo la fertilización fosfórica la más benéfica. Ningún hongo de la rizosfera es capaz de descomponer lignina y celulosa y difícilmente puede utilizar almidones ya que son especializados en azúcares de fórmula simple como lo es la glucosa o esteroides como manita por lo cual se les dio el nombre de “sugar fungi”. Las raíces de árboles y plantas herbáceas no leguminosas son mucho más ricas en hongos, pudiendo hospedar hasta 40 especies diferentes.

Tanto plantas como hongos excretan sustancias de crecimiento e inhibición, los hongos producen *bacteriostatos* para garantizar la fuente de su sustento que es la raíz. Pero el hongo va más allá; entra en simbiosis con la propia raíz, por lo que es llamado micorriza. Para que esto se produzca, la raíz excreta carbohidratos que atraen hongos a la rizosfera y en seguida, hormonas, que incentivan la penetración del hongo en la raíz. La simbiosis se ve favorecida por la pobreza mineral del terreno. (Primavesi, 1984)

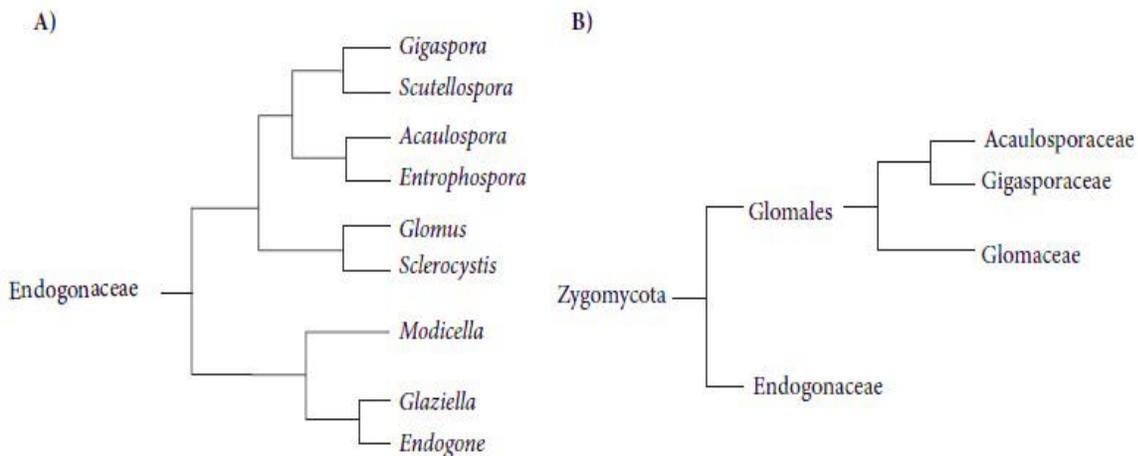
#### **4.9. Taxonomía de micorrizas**

Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) son biótropos obligados de plantas y constituyen uno de los grupos de microorganismos del suelo de distribución más extensa. Una parte fundamental del estudio de estos organismos se ha enfocado a su clasificación, taxonomía y establecimiento de relaciones evolutivas entre HMA. El proceso en el desarrollo de este conocimiento puede ser separado en tres etapas importantes a partir de las primeras observaciones reportadas de estos microorganismos. La primera etapa corresponde al reconocimiento de la diversidad de especies dentro del género *Endogone* (Zygomycota) y su división en los géneros de HMA *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Glomus yclerocystis*, así como en los géneros *Modicella*, *Glaziella*

y endogone, que no forman micorriza, todos ellos subordinados a Endogonaceae. La segunda etapa involucra distintas características morfológicas comunes dentro del grupo de HMA que fueron suficientes para sustentar su separación en un grupo monofilético a nivel de orden (Glomales). Finalmente, la tercera etapa comprende los estudios que se incluye el uso de herramientas de biología molecular, las observaciones de las características morfológicas, en donde una de las aportaciones más significativas es identificar y colocar al grupo de HMA en una posición taxonómica superior, agrupando las especies que integraban al orden Glomales en el phylum Glomeromycota. (Salmerón-Santiago, Pedraza-Santos, Chávez-Bárceñas, & Mendoza-Oviedo, 2015).

Figura 1. Diagrama representativo entre hongos formadores de micorrizas arbuscula

- A) Relaciones de los géneros descritos antes de 1990 afiliados a la familia Endogonaceae.
- B) Agrupamiento en una rama monofilética a nivel orden.



#### 4.10. Tipos de abono orgánico

Este abono mejora la eficiencia de los fertilizantes antes de pensar en la aplicación de los fertilizantes, todas las fuentes disponibles de los nutrientes deberían ser utilizadas, por ejemplo, excrementos de vaca, de cerdos, de pollos, desperdicios vegetales, paja, estiba de maíz y otros materiales orgánicos. Sin embargo, éstos deberían ser convertidos en abono y ser descompuestos

antes de su aplicación en el suelo. Con la descomposición del material orgánico fresco, por ejemplo, paja de maíz, los nutrientes del suelo, particularmente el nitrógeno, serán fijados provisionalmente; de este modo no son disponibles para el cultivo posterior.

Aun cuando el contenido de nutriente del material orgánico sea bajo y variable, el abono orgánico es muy valioso porque mejora las condiciones del suelo en general. La materia orgánica mejora la estructura del suelo, reduce la erosión del mismo, tiene un efecto regulador en la temperatura del suelo y le ayuda a almacenar más humedad, mejorando significativamente de esta manera su fertilidad. Además, la materia orgánica es un alimento necesario para los organismos del suelo.

El abono orgánico a menudo crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales. La combinación de abono orgánico / materia orgánica y fertilizantes minerales (Sistema Integrado de Nutrición de las Plantas, SINP) ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo, cuando el abono orgánico / la materia orgánica mejora las propiedades del suelo y el suministro de los fertilizantes minerales provee los nutrientes que las plantas necesitan. (FAO, 2002)

#### ***4.11. El Humus o tierra de hoja (es un abono natural)***

Puede usarse el rastrojo de los cultivos anteriores o cascarilla de vainas de frijol. Además de servir como fertilizante, conserva el suelo y la humedad.

#### ***4.12. Estiércol animal***

Es rico en nitrógeno y algunos en fósforo; es mejor usarlo cuando ya está descompuesto, pero hay que tener cuidado de no dejarlo expuesto al sol y a la lluvia porque puede perder algunos de sus nutrientes, por lo tanto, sus propiedades como abono. Pueden usarse los estiércoles de vaca, puercos, burros, conejos, gallinas, borregos y chivos. Se recomienda que se dejen secar y después aplicarse. Los estiércoles frescos, aunque contienen nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, pueden quemar las plantas.

#### **4.13. *Abono verde***

Consiste en sembrar plantas de crecimiento rápido con el propósito de enriquecer el suelo. Las leguminosas (frijol, haba y lentejas) como abono verde son las mejores por su mayor aporte de nitrógeno. Los cultivos leguminosos prefieren los suelos calcáreos, no crecen satisfactoriamente en suelos ácidos. En condiciones favorables, las leguminosas pueden llegar a captar en promedio, hasta 20 kg N/ha.

#### **4.14. *Cenizas, huesos y basura orgánica.***

Con la intención de que las cenizas ayuden al crecimiento de las plantas, todavía es común entre los productores, quemar antes de sembrar; sin embargo, esta práctica genera contaminación por lo que no es recomendable.

#### **4.15. *Composta.***

Es el mejor de todos los abonos naturales porque es la combinación de todos ellos: estiércol, rastrojo, cenizas, desperdicio de frutas y verduras, etcétera.

#### **4.16. *Fertilizantes orgánicos fermentados***

Los abonos orgánicos activan una serie de rizo bacterias promotoras del crecimiento de las plantas y de bio-protección, no exige inversiones económicas muy altas en obras de infraestructura rural, los materiales con los que se elaboran son muy conocidos por los productores y fáciles de conseguir localmente. Los diferentes materiales que se encuentran disponibles en las diversas zonas de trabajo, más la creatividad de los campesinos, hace que se puedan variar las formulaciones o las recetas, haciéndolas más apropiadas a cada actividad agropecuaria o condición rural. Finalmente, los agricultores podrán experimentar un proceso de conversión de una agricultura envenenada hacia una agricultura orgánica, en un tiempo que puede oscilar entre uno y tres años de trabajo permanente.

En el proceso de la elaboración del abono orgánico fermentado puede decirse que existen dos etapas bien definidas: La primera etapa por la que pasa la fermentación del abono es la estabilización, en la que la temperatura puede llegar a alcanzar aproximadamente entre 70°C y 75°C si no la controlamos adecuadamente, debido al incremento de la actividad microbiana.

Posteriormente, la temperatura del abono comienza a caer nuevamente, dado el agotamiento o la disminución de la fuente energética que retroalimentaba el proceso. En este momento empieza la estabilización del abono y solamente sobresalen los materiales que presentan una mayor dificultad para su degradación a corto plazo. A partir de aquí, el abono pasa a la segunda etapa, que es la maduración, en la cual la degradación de los materiales orgánicos que todavía permanecen es más lenta, para luego llegar a su estado ideal para su inmediata utilización.

#### ***4.17. Abono orgánico fermentado tipo bocachi.***

La palabra bocachi es del idioma japonés y para el caso de la elaboración de los abonos orgánicos fermentados, significa cocer al vapor los materiales del abono, aprovechando el calor que se genera con la fermentación aeróbica de los mismos. Principales aportes de los ingredientes utilizados para elaborar los abonos orgánicos fermentados tipo bocachi y algunas recomendaciones.

El carbón vegetal. Mejora las características físicas del suelo, como su estructura, lo que facilita una mejor distribución de las raíces, la aireación y la absorción de humedad y calor (energía). Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que funciona con el efecto tipo “esponja sólida”, el cual consiste en la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles a las plantas, disminuyendo la pérdida y el lavado de éstos en la tierra. Por otro lado, las partículas de carbón permiten una buena oxigenación del abono, de manera que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación, otra propiedad que posee este elemento es la de funcionar como un regulador térmico del sistema radicular de las plantas, haciendo más resistentes contra las bajas temperaturas nocturnas que se registran en algunas regiones. Finalmente, la descomposición total de este material en la tierra dará como producto final, humus.

La gallinaza o los estiércoles. Es la principal fuente de nitrógeno en la elaboración de los abonos orgánicos fermentados. Su aporte básico consiste en mejorar las características vitales y la fertilidad de la tierra con algunos nutrientes, principalmente con fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, entre otros elementos. Dependiendo de su origen, puede aportar inoculo microbiológico y otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad, los cuales mejorarán las condiciones biológicas, químicas y físicas del terreno donde se aplicarán los abonos.

La cascarilla de arroz. Este ingrediente mejora las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes. También beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas, así como de su actividad simbiótica con la microbiología de la rizosfera. Es, además, una fuente rica en silicio, lo que favorece a los vegetales, pues los hace más resistentes a los ataques de insectos y enfermedades. A largo plazo, se convierte en una fuente de humus. En la forma de cascarilla semi-calcinada o carbonizada, aporta principalmente silicio, fósforo, potasio y otros minerales trazos en menor cantidad y ayuda a corregir la acidez de los suelos. Recomendaciones: La cascarilla de arroz puede ocupar, en muchos casos, hasta un tercio del volumen total de los ingredientes de los abonos orgánicos muy complejos cuando sus carbohidratos se fermentan, los minerales, tales como fósforo, potasio, calcio y magnesio también están presentes.

La melaza de caña o chancaca o piloncillo. Es la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos. Favorece la multiplicación de la actividad microbiológica; es rica en potasio, calcio, fósforo y magnesio; y contiene micronutrientes, principalmente boro, zinc, manganeso y hierro.

La levadura, manto forestal y bocachi. Estos tres ingredientes constituyen la principal fuente de inoculación microbiológica para la elaboración de los abonos orgánicos fermentados. Es el arranque o la semilla de la fermentación. Los agricultores centroamericanos, para desarrollar su primera experiencia en la elaboración de los abonos fermentados, utilizaron con éxito la levadura para pan en barra o en polvo, la tierra de floresta o los dos ingredientes al mismo tiempo. Guía práctica Mesa Técnica de Coordinación Municipal en Seguridad Alimentaria y Nutricional Elaboración y Uso del bocachi Después, y ya con la experiencia, seleccionaron una buena cantidad de su mejor abono curtido, tipo bocachi (semilla fermentada), para utilizarlo constantemente como su principal fuente de inoculación, acompañado de una determinada cantidad de levadura. Eliminaron así el uso de la tierra de floresta virgen, evitando consecuencias graves para el deterioro del suelo y del manto de los bosques.

La tierra común. En muchos casos, ocupa hasta una tercera parte del volumen total del abono que se desea elaborar. Entre otros aportes, tiene la función de darle una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad; con su volumen, aumenta el medio propicio para el desarrollo de

la actividad microbiológica de los abonos y, consecuentemente, lograr una buena fermentación. Por otro lado, funciona como una esponja, al tener la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas de acuerdo con las necesidades de éstas. Dependiendo de su origen, puede aportar variados tipos de arcillas, microorganismos inoculadores y otros elementos minerales indispensables al desarrollo normal de los vegetales.

El carbonato de calcio o la cal agrícola. Su función principal es regular la acidez que se presenta durante todo el proceso de la fermentación, cuando se está elaborando el abono orgánico; Propicia las condiciones ideales para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica, durante todo el proceso de la fermentación cuando se están elaborando los abonos orgánicos.

El agua: Tiene la finalidad de homogeneizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono.

El local: La preparación de los abonos orgánicos fermentados se debe hacer en un local que esté protegido del sol, del viento y de la lluvia, ya que éstos interfieren en el proceso de la fermentación, sea paralizándola o afectando la calidad final del abono que se ha preparado. El piso preferiblemente debe estar cubierto con ladrillo o revestido de cemento, o en último caso, debe ser un piso de tierra bien firme con algunos canales laterales, de modo que se evite al máximo la acumulación de humedad en el local donde se elaboran los abonos. En cuanto a las medidas de los espacios necesarios para elaborar los abonos, de una forma general es considerar de 1,0 a 1,30 metros cuadrados de área, por cada metro cúbico de materia prima que se desea preparar o compostar.

Las herramientas: Palas, bieldos o tenedores metálicos, baldes plásticos, termómetro, manguera para el agua, mascarilla de protección contra el polvo y unas buenas botas, son las herramientas más comunes y fáciles de conseguir en cualquier lugar, para preparar este tipo de abono. Para los casos donde se tengan que preparar grandes volúmenes de abonos, ya existen en el mercado máquinas diseñadas para producir o procesar desde 10 hasta 300 toneladas de abono por hora.

El tiempo de duración para elaborar los abonos. Los agricultores que están iniciándose en la elaboración de los abonos orgánicos fermentados, por lo general realizan esta actividad en aproximadamente quince días. Los productores más experimentados lo hacen en diez días. Para

ello, durante los primeros cuatro o cinco días de fermentación, revuelven o voltean el preparado dos veces al día en algunos casos (en la mañana y en la tarde).

Luego lo revuelven solamente una vez al día, controlando la altura (un metro y cuarenta centímetros, en lo máximo) y el ancho del montón (hasta dos metros y medio), de manera que sea la propicia para que se dé una buena aireación.

Cuando es necesario calcular o estimar el tiempo que un agricultor debe dedicar para elaborar sus abonos, y partiendo del principio que los materiales se encuentran en el local de trabajo, éste gastará aproximadamente 20 horas de trabajo para elaborar de tres a cuatro toneladas de bocachi. En un mes, con jornadas normales de trabajo diario y dedicación exclusiva para esta tarea, un agricultor o un trabajador es capaz de elaborar de 25 a 30 toneladas de abonos.

Funciones del bocachi abono: Es que los microorganismos ponen a disposición los minerales para que lo utilicen las plantas o por medio de la erosión. Los nutrientes son asimilados por las plantas y puestos a disposición de las plantas, con lo que estimula el crecimiento de sus raíces y follaje.

Dosis para utilizar en terrenos con proceso de fertilización orgánica se pueden aplicar 4 libras por metro cuadrado de terreno. La aplicación debe realizarse 15 días antes de la siembra, al trasplante o en el desarrollo del cultivo. En terrenos donde nunca se ha aplicado bocachi, las dosis serán mayores (10 libras por metro cuadrado aproximadamente).

Para cultivos anuales (granos básicos, yuca, caña y otros), será necesaria una segunda aplicación, entre 15 y 25 días de la emergencia del cultivo, en dosis de 2 libras por metro cuadrado. Para cultivos anuales (granos básicos, yuca, caña y otros), será necesaria una segunda aplicación, entre 15 y 25 días de la emergencia del cultivo, en dosis de 2 libras por metro cuadrado. Para cultivos de ciclo largo (frutales), se aplica una libra por postura al momento de la siembra y tres aplicaciones de 1 libra por año, esta dosis se utilizará durante el período de crecimiento.

En árboles productivos se harán aplicaciones de 2 libras, tres veces por año. Para hortalizas se hará una sola aplicación de 4 libras por metro cuadrado, 15 días antes de la siembra o el trasplante. (FAO & CENTA, 2011)

**Tabla 2. Ventajas y desventajas del uso de fertilizantes convencional y orgánico.**

FERTILIZANTES		ABONOS	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Es abundante, se encuentra en las tiendas.	No mejora la calidad del suelo y puede dañarlo si se usa en grandes cantidades de manera continua.	Enriquece y mejora la calidad del suelo.	Difícil de conseguir en grandes cantidades.
Incrementa el rendimiento.	Una mala aplicación o si se aplica de manera escasa, no tiene efecto. Si es abundante, perjudica la planta.	Se logran buenos rendimientos.	Su manejo es más complicado.
Es fácil de aplicar.	Sus precios van al alza.	Sus precios son más estables de un año a otro.	No todos los abonos tienen los mismos resultados.

#### **4.18. Biofertilizantes**

Los biofertilizantes son preparados de microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos. Los microorganismos utilizados en los biofertilizantes son clasificados dentro de dos grupos: El primer grupo incluye microorganismos que tienen la capacidad de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al stress por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas, por parte de la planta. El segundo grupo incluye microorganismos los cuales son capaces de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos. Puede haber microorganismos que puedan estar en los dos grupos, que además de promover el crecimiento de la planta, inhiba los efectos de microorganismos patógenos. (Armenta-Bojorquez & Montoya, 2010)

#### **4.19. Microorganismos utilizados como biofertilizantes**

Los microorganismos que intervienen en la fijación biológica de nitrógeno atmosférico (FBNA) que es la reducción enzimática de nitrógeno ( $N_2$ ) a amonio ( $NH_4$ ), podemos clasificarlos en dos grupos a) microorganismos (bacterias hongos y algas) que fijan nitrógeno en forma no simbiótica o de vida libre y b) microorganismos que fijan el nitrógeno en forma simbiótica con plantas leguminosas y no leguminosas (azolla, gramíneas y otras), las mayores cantidades de nitrógeno atmosférico fijado, es llevado a cabo por leguminosas en asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*.

En las bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre se encuentran los géneros más estudiados que son *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Beijerinckia* y *Klebsiella*, los cultivos en donde ha sido más estudiado este proceso de fijación de nitrógeno son: caña de azúcar, arroz, sorgo, trigo y pastos tropicales forrajeros, donde la fijación de  $N_2$  por bacterias asociativas y de vida libre es importante. Microorganismos que proporcionan fósforo a las plantas, entre los más importantes está los hongos micorrízicos que presentan asociación simbiótica con las plantas, las cuales suministran además de un nicho ecológico, la fuente de carbono que necesita el hongo para su desarrollo, a su vez la planta se beneficia incrementando la captación de nutrimentos minerales del suelo principalmente fósforo. (Armenta-Bojorquez & Montoya, 2010)

La disponibilidad del fósforo para la planta está influenciada por los microorganismos de la rizósfera. Un alto porcentaje de las bacterias de la rizósfera y el rizoplano son capaces de degradar sustrato de fósforo orgánico bacterias promotoras de crecimiento de las plantas (BPCP), tienen capacidad para sintetizar sustancias reguladoras del crecimiento o fitohormonas. Estas sustancias son compuestos naturales, que afectan diversos procesos de las plantas, a concentraciones más bajas de las que presentan nutrimentos o vitaminas. Los reguladores del crecimiento vegetal sintetizados por las plantas son: auxinas, giberelinas, citocininas, ácido indolacético, etileno y ácido abscísico.

Cuando estas sustancias son producidas en forma endógena por las plantas, se les denomina hormonas vegetales o fitohormonas. El término "reguladores del crecimiento de las plantas" se refiere a los compuestos sintéticos que tienen propiedades para regular el crecimiento de las

plantas; generalmente, este término se utiliza también cuando las hormonas de las plantas son producidas por microorganismos de la rizosfera. (Armenta-Bojorquez & Montoya, 2010).

#### ***4.20. Perspectivas de los biofertilizantes***

El aumento de la concientización sobre el cuidado del medio ambiente y la evidencia del deterioro ambiental que causan los agroquímicos ha hecho que los productores agrícolas, vean como buena alternativa la aplicación de los biofertilizantes ya que en la actualidad los hongos micorrízicos, entre los productores de plántulas en invernaderos y viveros, así como el incremento de microempresas productoras de abonos orgánicos que incluyen los biofertilizantes y la producción de estos insumos por los propios productores, que los introducen a un manejo más sustentable del suelo, estas prácticas van en aumento tanto en agricultura orgánica como convencional, sobre todo en el noroeste del país, aun siendo donde se tiene la tecnología agrícola más avanzada la utilización de cepas nativas de microorganismos en la elaboración de biofertilizantes, presentan mayor posibilidades de efectividad en el campo, por estar adaptados a las condiciones del suelo de cada región.

La recomendación del uso de biofertilizantes, debe hacerse inicialmente como un complemento a la fertilización sintética, con visión de sustituirla a mediano o largo plazo de acuerdo a las condiciones de suelo, manejo y respuesta del cultivo. (Armenta-Bojorquez & Montoya, 2010)

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Ubicación

El experimento se llevó a cabo en la finca del agricultor Francisco Reyes en la comunidad de Pellizco Occidental del municipio de Chichigalpa, el cual está ubicado en las coordenadas geográficas UTM X: 04996261 Y: 1394039, a una altitud de 147 msnm, una precipitación promedio anual de 1986 mm, temperatura promedio de 27 °C, suelos franco limosos con pendientes de 3% y drenajes moderados. (MAG 2013. Mapa agroecológico: 1:50,000).



**Figura 2. Ubicación de experimento de Maíz código 1220. INTA KoLFACI 2018-2019.**

Se empleó como material vegetal la variedad de maíz NB 6 mejorado. Se utilizó una cepa de micorriza arbusculares.

El estudio se realizó con la participación del productor que trabaja bajo el uso de fertilizantes químicos en sus cultivos. El ensayo se estableció en la época de postrera del ciclo 2018/2019.

### 5.2. Tipo de estudio

Es experimental ya que el factor de estudio se interviene por el investigador y por la aleatorización de los casos o sujetos en grupos, llamado grupo experimental o (grupo de experimentación) y donde se manipula una variable llamada independiente y se espera una respuesta en las variables dependientes.

### 5.3. *Diseño experimental*

El diseño utilizado fue Bloques Completos al Azar (BCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones, en parcelas de 4 surcos de 5 m de largo espaciados a 0.76 m entre surco y la distancia entre planta es de 20 cms. La parcela útil o unidad experimental fueron los dos surcos centrales con total de 5 plantas cada surco útil.

Las dimensiones de cada parcela son de 15.2 metros cuadrados en las que se sembró el Maíz variedad NB-6 (*Zea mays L.*) y sus diferentes tratamientos de fertilización orgánica vs fertilización química, con un área total de 376.6 metros cuadrados las que en su alrededor se establecieron barreras vivas de maíz y sorgo lo que sirvió de defensa del experimento.

### 5.4. *Tratamientos evaluados*

Los tratamientos a evaluados en las parcelas de maíz, consistieron en la inoculación de hongo micorriza más uso de bocachi más biofertilizantes (T1), inoculación de micorriza más bocachi (T2), testigo absoluto sin control (T3) y testigo referencial (T4) con el uso de fertilizante completo 12-30-10 y fertilizante nitrogenado urea 46 %.

**Tabla 3. Dosis y forma de aplicación empleada en el experimento**

<b>Cód</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis/ha</b>	<b>Forma de aplicación</b>
<b>MB (T2)</b>	Micorriza + Bocachi (MB)	1.42 kg /ha micorrizas + 12 qqs de Bocachi	La micorriza se aplicó al fondo del surco al momento de siembra , al igual que el fertilizante orgánico Bocachi
<b>MB B (T1)</b>	Micorriza + Bocachi + Biofertilizantes (MBB)	1.42 kg /ha micorrizas. 12qqs de Bocachi. 8 lts/ha de biofertilizante.	La micorriza se aplicó al fondo del surco, al igual que el fertilizante orgánico Bocachi y en etapa de crecimiento se aplicó biofertilizante. 25 DDS
<b>TA (T3)</b>	Testigo Absoluto (TA)	No se aplica tratamientos	Sin ningún control
<b>TR (T4)</b>	Testigo Referencial (TR)	2.84 quintales /ha de completo	Se usó el fertilizante completo 12-30-10 al momento de la siembra y a los 25 DDS el fertilizante Urea 46 %

### 5.5. *Manejo del experimento*

La preparación de suelo se realizó iniciando con la aplicación de herbicida Glifosato para el control de malezas, seguido un pase de grada, segundo pase de grada y la siembra y rayado. La siembra se realizó con la variedad de maíz NB-6, a una distancia entre surco de 0.76 metros y 20 cms entre planta utilizando de 5 a 6 semillas por metro lineal, obteniendo una densidad de siembra de 2,477.63 plantas por hectárea.

Las parcelas con tratamiento referencial se usó el fertilizante completo 12-30-10 a razón de 2.84 quintales /ha, y el caso de los tratamientos con la inoculación de micorrizas éste se depositó directamente al surco al momento de la siembra a razón 1.42 kg /ha. En el caso de fertilizante orgánico Bocachi se usó 12 quintales/ha. El control de maleza se realizó de forma manual realizándose dos limpiezas en los primeros 45 días del cultivo.

La fertilización a los 25 días después de la siembra (DDS) en el tratamiento referencial se realizó con fertilización nitrogenada a razón de 2 quintales/ha. y en el caso de tratamiento con micorriza se realizó con biofertilizante se utilizó 8 lts/ha.

En el experimento la presencia del cogollero (*Spodoptera frugiperda*) no amerito aplicaciones, ya que las incidencias de daño fueron bajas. La cosecha se inicia con la dobla del maíz para evitar el daño por pájaros, luego se cosecharon las mazorcas y se desgranaron de forma manual, se pesaron y se les tomo la prueba de humedad del grano.

### 5.6. *Variables de desarrollo evaluadas*

**Altura de la planta (AITP):** Se tomó la distancia desde la base del tallo, en el suelo, hasta el nudo de inserción de la hoja bandera, medida en centímetros. El cual se realizó de los 27 a los 57 días después de la siembra, al final se calculó el valor promedio por planta de las 128 muestreadas.

**Número de hojas (NH):** Se realizó un conteo del número total de nudos que aparecen en el tallo de la planta, desde la base del tallo en el suelo, hasta la hoja bandera; coincide con el número total de hojas del tallo. El cual se realizó de los 27 a los 57 días después de la siembra, al final se calculó el valor promedio por planta.

**Altura de Mazorca (AlMz):**

Se midió en centímetros desde la superficie del suelo hasta la inserción de la mazorca principal. Este dato se registró en un promedio de 4 plantas por parcela útil a los 82 días después de la siembra

**Mazorcas Totales (MaTo):**

Contar total de mazorcas después de la cosecha en la parcela útil

**Rendimiento de Grano (RG):**

Se cosecharon los surcos de las 128 plantas muestreadas en cada parcela útil, luego se procedió a pesarlo y a registrar el respectivo porcentaje de humedad del grano. Los resultados del rendimiento se expresaron en kg ha<sup>-1</sup> al 14% de humedad. Rendimiento final: Se calculó en kg/ha.

El cálculo final del rendimiento potencial es simplemente el resultado de dividir(d) por(e): peso de mil granos en función de las expectativas.

$Kg/ha = 53.784.000 \text{ granos/ha} \times 317 \text{ gr. por } 1.000 \text{ granos} \times 1 \text{ Kg}/1.000 \text{ gr} = 17.000 \text{ kg/ha}$  (LG Agro Tech, 2017).

### 5.7. *Variable de costo beneficios*

**Rendimiento promedio:** Se entiende como una cantidad de beneficios equivalente a la que un inversionista espera obtener de inversiones similares que representan el mismo grado de riesgo.

**Rendimiento kg ha:** El incremento de los rendimientos depende del uso de híbridos o variedades mejoradas, así como de fertilizantes, que dan a la planta mayor resistencia a plagas y enfermedades, en este ensayo obtiene rendimientos más altos, debido a que se realizó la cosecha en el tiempo de la maduración fisiológica de 110 días de la Variedad de maíz NB-6 considerándose (10%) de aumento de producción. (INTA, 2010)

**Análisis de los resultados:**

Las variables obtenidas en el estudio se les realizó análisis de varianza, previo a un análisis de homogeneidad de varianza a través de la prueba de Levene y análisis de normalidad con el test de Shapiro Wilk y separación de medias con Tukey al 0.05.

Se realizó gráficos y tablas que demuestren el comportamiento de las variables evaluados y de acuerdo a los objetivos planteados. El precio de campo del experimento de maíz, el agricultor vende el maíz a intermediario que llegan a la zona a C\$ 530.00 /qqs de maíz, equivalente a C\$5.30 /libra en Kg es C\$ 11.66 /kg, también tiene los siguientes costos: cosecha = C\$ 0.3227 /Kg, el desgrane es de C\$0.6454/kg

Beneficios Brutos de campo, el agricultor recibe 15.4 córdobas /kg de maíz desgranado. El costo de cosecha fue de C\$ 0.3227 /Kg y el costo de desgrane es de C% 0.6454, se calculó el precio de campo del maíz y fue de C\$ 14.4319 se multiplico por rendimiento ajustado y nos da el beneficio bruto de campo.

#### ***5.8. Variable de porcentaje de colonización de arbusculos de HMA de micorrizas.***

##### **Muestreo de raíces:**

El muestreo de raíces se realizó en la etapa de maduración fisiológica del maíz a una profundidad de 0-20 cms. El muestreo fue de tipo destructivo, seleccionando dos plantas al azar por cada repetición. Las raíces de las plantas seleccionadas se lavaron con agua corriente y se almacenaron a 4 ° C en el laboratorio del CDT FCR, Posoltega para su posterior tinción y evaluación. Se realizó en la etapa de maduración fisiológica del maíz para medir porcentaje de colonización de las micorrizas en las muestras seleccionadas por tratamientos.

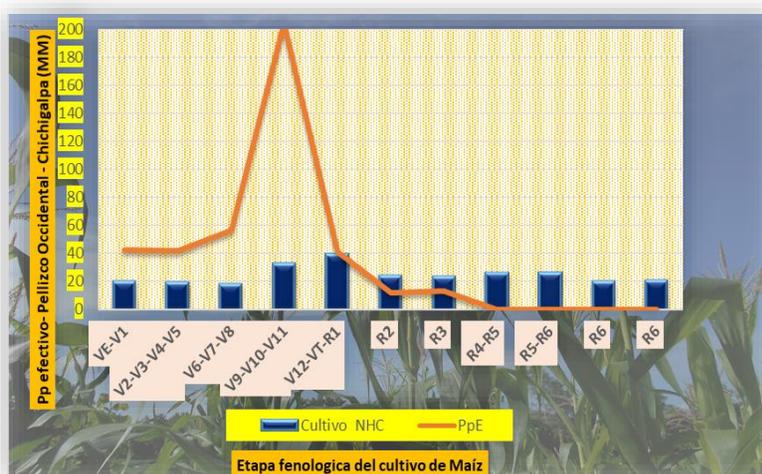
##### **Tinción de raíces y determinación del porcentaje de colonización:**

El método utilizado es una modificación del propuesto por Phillips y Hayman (1970) que requiere el montaje de raíces teñidas en portaobjetos para ser evaluadas en microscopio óptico. Los reactivos empleados en la tinción fueron: hidróxido de potasio (10%); peróxido de hidrógeno (10%); ácido clorhídrico (1n); lacto-glicerol y azul de Tripan (0.05%).. La tinción de raíces se realiza a través de los siguientes pasos: a) clareo, b) blanqueo, c) acidificación, d) tinción y e) decoloración. El porcentaje de colonización se midió a partir de 10 fragmentos de raíz teñida de aproximadamente 1 cm de longitud, seleccionados al azar, registrando la presencia de las estructuras propias del hongo MA por cada campo óptico de observación, con un aumento equivalente a 400X. (Terra Latinoamericana, 2009)

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Condiciones agroclimáticas

El experimento de maíz se llevó a cabo en la finca del productor Francisco José Reyes Briceño, en la comunidad de Pellizco Occidental, Municipio de Chichigalpa, el cual está ubicado en las coordenadas geográficas UTM X: 04996261 Y: 1394039, a una altitud de 147 msnm, una precipitación promedio anual de 1986 mm, temperatura promedio de 27 °C, suelos franco limosos con pendientes de 3% y drenajes moderados. (MAG 2013. Mapa agroecológico: 1:50,000).



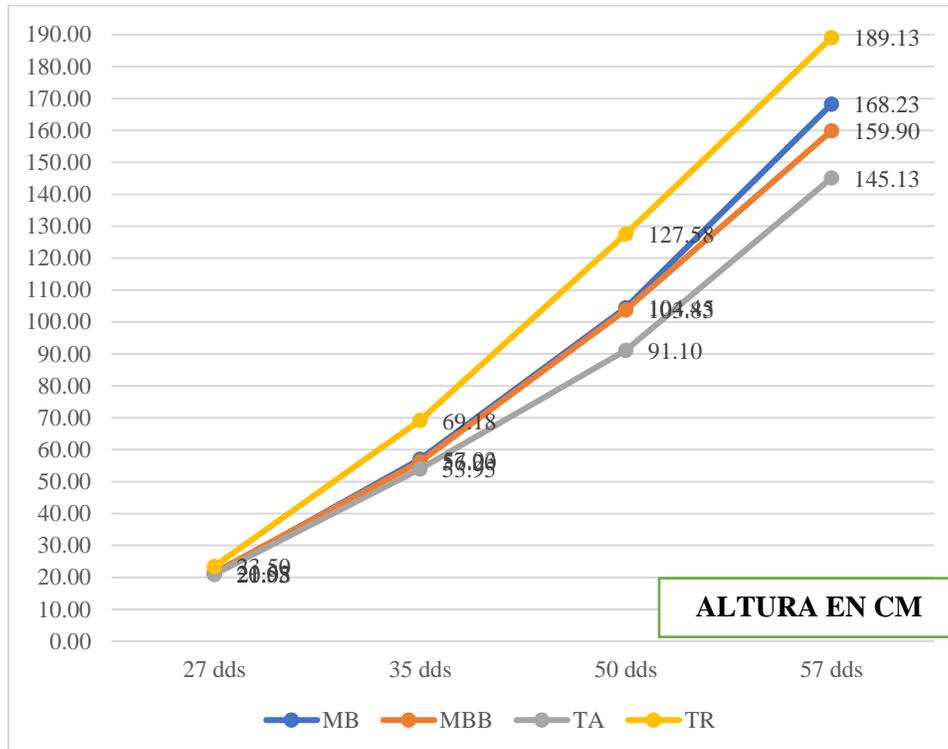
**Gráfica 1. Precipitaciones registradas durante el período agosto-octubre 2018 en la comunidad el Pellizco Occidental, Municipio de Chichigalpa, Chinandega**

Es importante señalar que el estudio se llevó a cabo bajo condiciones de déficit hídrico, según el gráfico 1, en la etapa de reproducción (R1) donde el cultivo requiere mayor cantidad de agua, debido a que las precipitaciones cesaron teniendo un efecto significativo las variables evaluadas debido a que en esta etapa las plantas necesitan mayor absorción de nutrientes.

### 6.2. Variables de crecimiento y desarrollo

La siembra fue realizada el 30 de agosto del 2018, la emergencia de la plántulas fueron en promedio el 4 de septiembre, es decir 5 días después de la siembra (DDS). Las variables de crecimiento y desarrollo fueron tomadas a los 27, 35, 49 y 57 DDS.

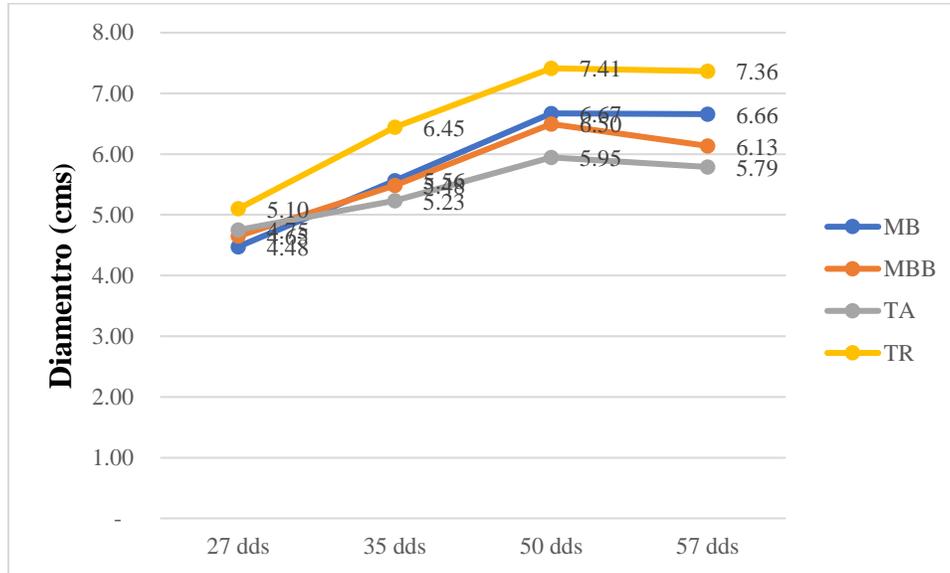
A continuación, se describe el comportamiento de estas variables.



**Gráfica 2. Altura promedio en el cultivo de maíz, variedad NB-6 con fertilización biológica. Chichigalpa, Chinandega. Ciclo agrícola 2018-2019.**

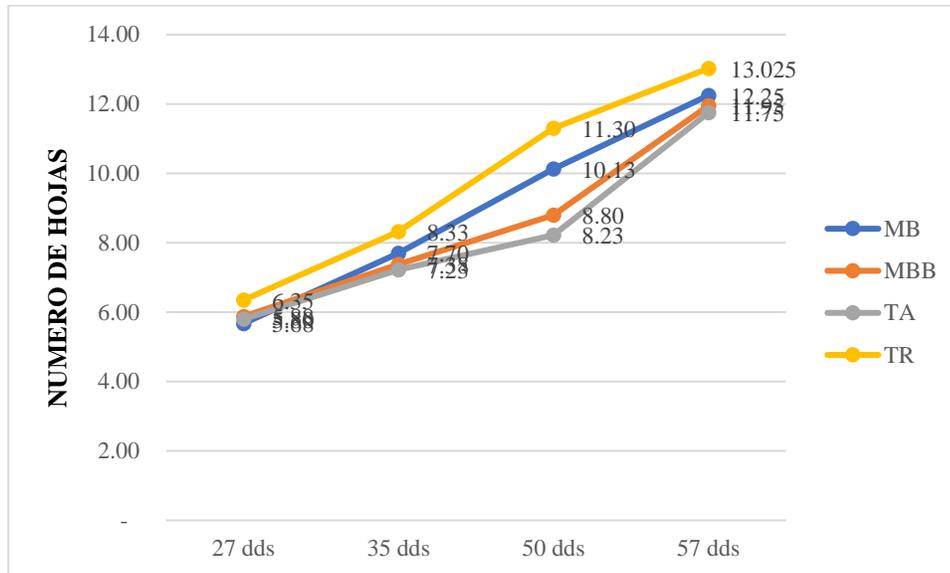
En el gráfico 2, observamos el comportamiento de la variable altura de la variedad NB-6 sometida a los diferentes tratamientos, observamos que a los 27 DDS todos los tratamientos presentan la misma altura promedio, para los 35 DDS, la planta comienza a presentar diferencias de altura en cada uno de los tratamientos. Observamos que el tratamiento testigo referencial alcanza las mayores alturas con 189.13 cm, a los 57 DDS, en comparación con el resto de los tratamientos evaluados. Comparando los tratamientos con micorrizas entre sí podemos observar que no hay diferencias en cuanto a la altura promedio a los 57 DDS, pero se observa una mayor altura con respecto al testigo absoluto, es decir que las micorrizas logran influir en la variable altura. Según INTA, la altura promedio de la variedad NB-6 oscila entre 200-230cms, por lo que nuestros datos del ensayo están por debajo de la media de la variedad. Esto es debido probablemente a el déficit hídrico presentado en la etapa de reproducción (R1) al que fue expuesto el ensayo durante el periodo de desarrollo del cultivo. (INTA, 2010)

Sin embargo, el análisis de varianza realizado a las variables de crecimiento y desarrollo determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, por tanto, no tuvieron efectos sobre esas variables. En el caso de altura se aplicó la prueba de Fredman al 5 %, y dio como resultado una  $p$  de 0.9709 (Ver Anexo 5)



**Gráfica 3. Diámetro promedio en el cultivo de maíz, variedad NB-6 con fertilización biológica. Chichigalpa, Chinandega. Ciclo agrícola 2018-2019.**

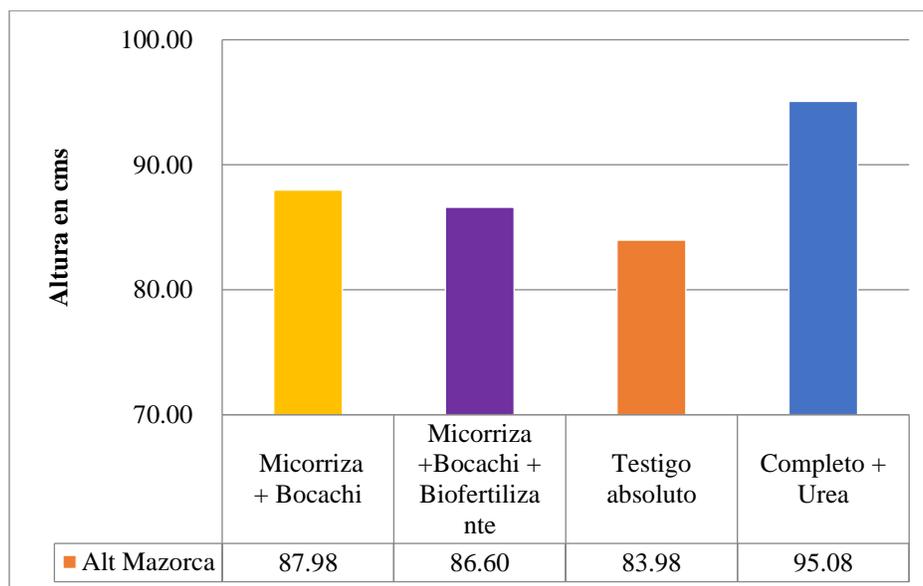
En el gráfico tres se muestra el comportamiento de la variable diámetro del tallo, observamos que el tratamiento testigo referencial logra el mayor diámetro a lo largo de las fechas evaluadas y a los 57 DDS alcanza 7.36 cm de diámetro. Comparando los tratamientos con micorrizas observamos que tienen un comportamiento muy similar y superior al tratamiento absoluto, por lo que se demuestra que las micorrizas ayudan al engrosamiento del tallo. Sin embargo, el análisis de varianza realizado para diámetro del tallo fue la prueba de Tukey al 5 %, dio como resultado un valor de  $p$  de 0.8952 por lo que, no existe diferencias significativas entre los tratamientos, es decir que no hubo influencia de los tratamientos en la variable diámetro del tallo (Ver Anexo 5).



**Gráfica 4. Número de hojas promedio (128 plantas) en el cultivo de maíz, variedad NB-6 con fertilización biológica. Chichigalpa, Chinandega. Ciclo agrícola 2018-2019**

En el gráfico cuatro se muestran el comportamiento del número de hojas promedio por tratamiento y comprobamos que el tratamiento testigo referencial mantiene siempre los mayores valores para los 57 DDS con 11.3 hojas, en comparación con resto de los tratamientos. Analizando los tratamientos con micorrizas observamos que el tratamiento micorrizas con bocachi muestra una mejor respuesta frente a micorrizas con bocachi- biofertilizante y el testigo absoluto, por lo que, mantenemos el supuesto de que micorrizas si contribuye a una mejor expresión de las variables de crecimiento y desarrollo del maíz. Al realizar el análisis estadístico para número de hojas la prueba de Tukey al 5 %, dio como resultado una  $p$  de 0.35 por lo que, no existe diferencias significativas entre los tratamientos, es decir que no hubo influencia de los tratamientos en la variable número de hojas debido a que la variedad NB-6 genéticamente siempre desarrollara la misma cantidad de hojas. (Ver Cuadro 1).

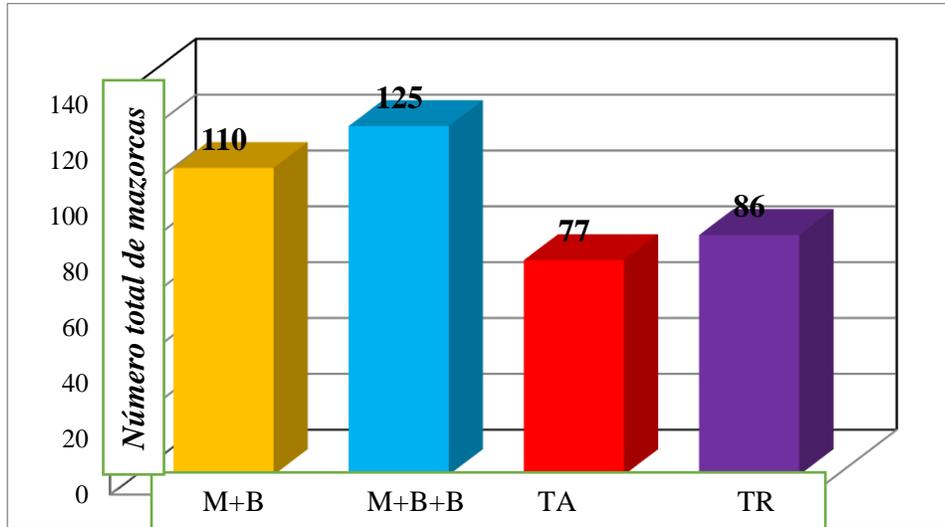
### 6.3. Variables de rendimiento



**Gráfica 5. Altura promedio de mazorca en el cultivo de maíz variedad NB-6 con fertilización biológica. Chichigalpa, Chinandega. Ciclo agrícola 2018-2019**

En el gráfico cinco se muestra la altura promedio a la última mazorca registrada a los 82 DDS, observamos que el tratamiento testigo referencial alcanza la mayor altura de mazorca con 95.08 cm, el tratamiento micorrizas con bocachi alcanza 87.98 cm, el tratamiento micorrizas-bocachi-biofertilizante alcanza 86.60 cm y el más bajo el testigo absoluto con 83.98 cm. Según el INTA esta característica agronómica de la variedad oscila entre 110 y 115 cm por tanto ninguno de los tratamientos logra alcanzar el potencial de la variedad a consecuencia del déficit hídrico que tuvo a partir de la etapa (R1) a como se refleja anteriormente en la gráfica 1. (INTA, 2010)

Al realizar el análisis estadístico para altura de mazorca de las 128 plantas por área útil, la prueba de Tukey al 5 %, dio como resultado una  $p$  de 0.1195 por lo que, no existe diferencias significativas entre los tratamientos, es decir que no hubo influencia de los tratamientos en la variable altura de mazorca. (Ver Cuadro 1).

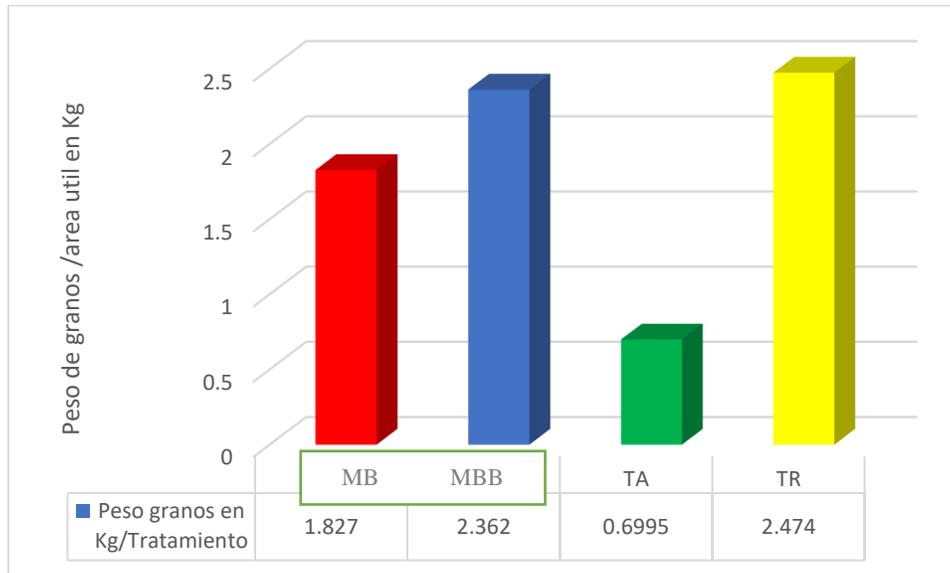


**Gráfica 6. Número total de mazorcas en la parcela útil del cultivo de maíz, variedad NB-6 con fertilización biológica. Chichigalpa, Chinandega. Ciclo agrícola 2018-2019**

En el gráfico seis se muestra el número total de mazorcas cosechadas por parcela útil, la cual eran 4 plantas por parcela útil y 128 plantas en total, se observa que el tratamiento micorrizas-bocachi-biofertilizante es el que logra producir el mayor número de mazorca en la parcela útil, gracias a el tratamiento, el cual, aunque las mazorcas eran de tamaño menor, logro mayor afluencia de mazorcas en comparación con los demás tratamientos, seguido de micorrizas con bocachi, el testigo referencial y por último el testigo absoluto.

Sin embargo, en el gráfico siete podemos observar el peso de granos obtenidos en las mazorcas cosechas en la parcela útil, se muestra que el tratamiento referencial a pesar de haber cosechado una baja cantidad de mazorca logra superar a los demás tratamientos en el peso del grano, seguido por el tratamiento micorrizas-bocachi-biofertilizante, micorrizas con bocachi y finalmente el testigo absoluto.

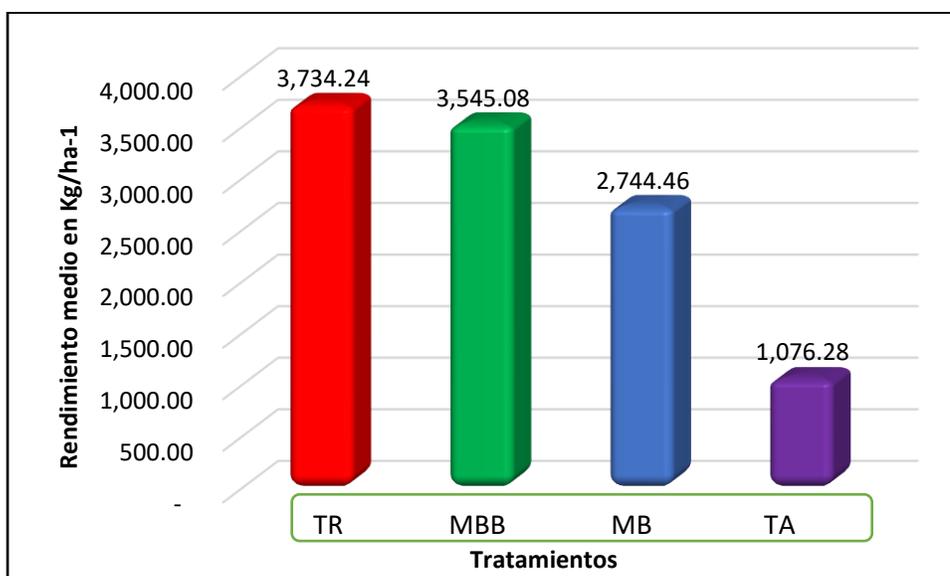
Es interesante que los datos obtenidos demuestren que se pueden lograr rendimientos similares a la fertilización referencial, utilizando micorrizas-bocachi-biofertilizante y más interesante es aún que se demuestra que utilizando micorrizas con bocachi el agricultor puede alcanzar rendimientos dos veces más que no utilizar nada.



**Gráfica 7. Peso de granos cosechados en la parcela útil (4 plantas por surco, 128 plantas en total) en el cultivo de maíz, variedad NB-6 con fertilización biológica. Chichigalpa, Chinandega. Ciclo agrícola 2018-2019**

En la gráfica siete, se observa el número de granos cosechados en cada tratamiento, donde se observa que micorrizas-bocachi-biofertilizante tiene una gran diferencia con respecto al testigo absoluto, esto nos indica claramente que el tratamiento está aportando al rendimiento de la variedad. Al comparar el testigo referencial en la gráfica seis observamos que tenía menos mazorca (86), pero obtuvo mayor número de granos y esto se debe que su mazorca era de mayor tamaño y teniendo mayores hileras en comparación con los demás tratamientos.

Para maíz en grano, los rendimientos mayores se obtienen con niveles altos de nitrógeno, fósforo y potasio. Las aplicaciones deben de ser bastante grandes para apoyar el desarrollo de las plantas, la falta de nitrógeno resulta en mazorcas pequeñas con pocos granos. (Yara, 2019). Ver Anexo 5).



**Gráfica 8. Rendimiento promedio en el cultivo de maíz Kg/ha, variedad NB-6 con fertilización biológica. Chichigalpa, Chinandega. Ciclo agrícola 2018-2019**

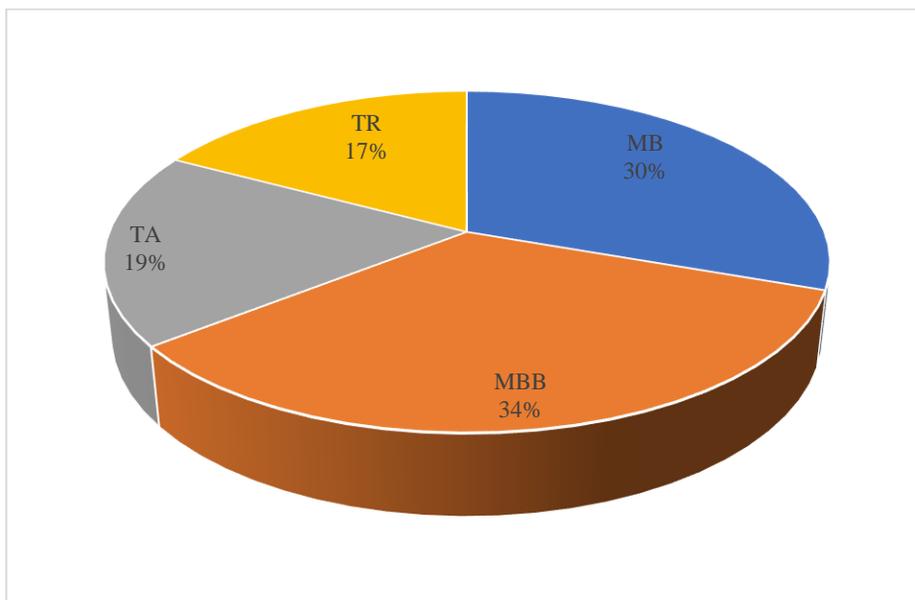
En el gráfico ocho se muestran los rendimientos en kilogramos por hectárea obteniéndose una media de 3,734.24 kg/ha en el testigo referencial (completo 12-30-10 más Urea 46 %), el tratamiento micorriza-bocachi-biofertilizante obtuvo un rendimiento de 3,545.08 kg/ha, el tratamiento micorrizas-bocachi obtuvo un rendimiento de 2,744.46 kg/ha y el testigo absoluto sin aplicación de fertilizantes dio un rendimiento de 1,076.28 kg/ha.

La diferencia del rendimiento del testigo referencial en comparación con el tratamiento donde se utilizó micorriza-bocachi-biofertilizante es del 5.34% menos en el rendimiento, mientras en el caso donde se utilizó Micorrizas-bocachi fue de 26.5% del testigo referencial. Ahora bien comparando los tratamientos con micorrizas y el testigo absoluto queda claro que los tratamientos con micorrizas si están contribuyendo sustancialmente en mejorar los rendimientos de la variedad bajo estas condiciones. Los rendimientos estuvieron en la media general de la variedad.

El análisis de varianza para rendimiento determinó una  $p < 0.003$ , lo que implica que hay diferencias entre los tratamientos, a través del análisis estadístico de Tukey al 5% se logra demostrar que entre los tratamientos testigo referencial y micorriza-bocachi-biofertilizante y Micorrizas-bocachi no existe diferencias significativas entre ellos, por otro lado, entre Micorrizas-bocachi y testigo absoluto no existe diferencias significativas entre ellos. (Ver Anexo 5).

#### 6.4. Colonización de arbusculos de HMA de micorrizas

De acuerdo a las evaluaciones tanto en campo como en laboratorio, se pudo determinar la colonización de micorrizas de acuerdo a la cantidad de arbusculos por tratamiento.



**Gráfica 9. Porcentaje de colonización de micorrizas por tratamientos en el cultivo de maíz, variedad NB-6 con fertilización biológica. Chichigalpa, Chinandega. Ciclo agrícola 2018-2019**

En el gráfico nueve podemos observar que el tratamiento con mayor porcentaje de colonización de micorrizas fue el tratamiento micorriza-bocachi-biofertilizante con 34%, seguido de Micorrizas-bocachi con 30%, seguido del testigo absoluto con un 18% y por último el testigo referencial con 17%. Estos datos nos hacen inferir que las micorrizas se desarrollan mejor en ambientes ricos en materia orgánica.

Sin embargo, la prueba estadística de Friedman, demostró que no hay diferencias significativas entre los tratamientos por tanto no influyen en la colonización de las micorrizas. (Ver Anexo 5).

#### 6.5. Análisis económico

Considerando los resultados estadístico y técnico donde dos tratamientos fueron iguales estadísticamente y agronómicamente existe diferencias productivas, es preciso realizar el análisis económico, para determinar los beneficios económicos de los tratamientos evaluados.

*Tabla 4. Presupuesto parcial del experimento de Evaluación de cepas nativas de micorrizas para su uso en fertilización biológica en el cultivo de Maíz, variedad NB-6.*

Variables	Tratamientos			
	MB	MBB	T. Absoluto	T. Referencial
<b>Rendimiento promedio (Kg/Ha)</b>	<b>2744.46</b>	<b>3545.08</b>	<b>1076.28</b>	<b>3734.24</b>
<b>Rendimiento ajustado (kg/Ha) al 10% menos /1</b>	<b>2,470.01</b>	<b>3,190.57</b>	<b>968.65</b>	<b>3,360.82</b>
<b>Precio de campo (C\$/Kg)</b>	<b>10.6919</b>	<b>10.6919</b>	<b>10.6919</b>	<b>10.6919</b>
<b>Beneficios brutos de campo (C\$/Ha=</b>	<b>26,409.14</b>	<b>34,113.28</b>	<b>10,356.73</b>	<b>35,933.51</b>
Costo inoculante Micorriza (Kg/Ha)	284	284	0	0
Costo Fertilizante orgánico Bocachi	2400	2400	0	0
Costo Biofertilizante	0	480	0	0
Costo de aplicación de Micorriza + Bocachi	240	240	0	0
Costo aplicación de biofertilizante	0	240	0	0
Costo fert completo 12-30-10	0	0	0	2641.2
Costo Urea 46 %	0	0	0	1400
Costo aplicación de Completo	0	0	0	340.8
Costo aplicación de Urea	0	0	0	340.8
<b>Totales de costos que varían(C\$/Ha)</b>	<b>C\$2,924.00</b>	<b>C\$3,644.00</b>	<b>C\$0.00</b>	<b>C\$4,722.80</b>
<b>Beneficios netos(C\$/Ha)</b>	<b>C\$23,485.14</b>	<b>C\$30,469.28</b>	<b>C\$10,356.73</b>	<b>C\$31,210.71</b>

En el análisis del presupuesto parcial el testigo referencial alcanza los mayores beneficios netos por hectárea con **C\$ 31,210.71** córdobas como efecto de mayor rendimiento, seguido del tratamiento micorriza-bocachi-biofertilizante con **C\$ 30,469.28** córdobas con una diferencia con respecto al primero del 2.4%.

## Análisis tasa de retorno marginal (T.R.M) y de dominancia

*Tabla 5. Análisis tasa de retorno marginal (T.R.M) y dominancia de cepas nativas de micorrizas para su uso en fertilización biológica en el cultivo de Maíz.*

Tratamiento	Costo que varían (C\$/Ha)	Costos marginales (C\$/Ha)	Beneficios netos (C\$/Ha)	Beneficios netos marginales (C\$/Ha)	Tasa de Retorno marginal
T. R	0.00		10,356.73		
MB	2,924.00	C\$2,924.00	23,485.14	C\$13,128.41	49%
<b>MBB</b>	<b>3,644.00</b>	<b>C\$1,078.80</b>	<b>30,469.28</b>	<b>C\$741.43</b>	<b>69%</b>
T. A	4,722.80		31,210.71		

El agricultor recibe 15.4 córdobas /kg de maíz desgranado. El costo de cosecha fue de C\$ 0.3227 /Kg y el costo de desgrane es de C\$ 0.6454.

Por cada Córdoba invertido se gana C\$ 4.49 córdobas si usa micorriza en comparación a no usar nada ganas 4.49 córdobas 0.69 Por cada córdoba invertido se gana 0.69 córdobas, si usa micorrizas más biofertilizantes en comparación al completo y Urea.

### Beneficios Netos

#### VARIABLE

#### TRATAMIENTOS

	MB	MBB	TA	TR
Rendimiento promedio (Kg/ha)	2744.46	3545.08	1076.28	3734.24
Rendimiento ajustado (kg/ha)(10%)	2470.014	3190.572	968.652	3360.816
Precio de campo C\$/jg	10.6919	10.6919	10.6919	10.6919
Beneficios brutos C\$/ha	26409.1427	34113.2768	10356.7303	35933.5086
Costo inoculante Micorriza (Kg/Ha)	284	284	0	
Costo Fertilizante orgánico Bocachi	2400	2400	0	
Costo Biofertilizante		480	0	
Costo de aplicación de Micorriza + Bocachi	240	240	0	
Costo aplicación de biofertilizante		240	0	
Costo fert. completo 12-30-10				2641.2
Costo Urea 46 %				1400
Costo aplicación de Completo				340.8
Costo aplicación de Urea				340.8
<b>Total, de Costos que varían</b>	<b>2924</b>	<b>3644</b>	<b>0</b>	<b>4722.8</b>
<b>Beneficios Netos (C\$/ha)</b>	<b>23485.1427</b>	<b>30469.2768</b>	<b>10356.7303</b>	<b>31210.7086</b>

**Tabla 6. Análisis de dominancia del experimento de Evaluación de cepas nativas de micorrizas para su uso en fertilización biológica en el cultivo de Maíz.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Fertilizaciones</b>	<b>Total de Costos que varían C\$/Ha</b>	<b>Beneficios netos C\$/Ha</b>	<b>Observación del cambio de tratamientos</b>	<b>Conclusión de la observación</b>
3	Ninguna	0.00	10,356.73		No Dominado
1	Micorriza + Bocachi	2,924.00	23,485.14	De T3 a T1	No Dominado
2	Micorriza+ Bocachi + biofertilizante	3,644.00	30,469.28	De T1 a T2	No Dominado
4	Completo + Urea 46 %	4,722.80	31,210.71	DE T2 a T4	No Dominado

Los tratamientos con uso de micorriza-bocachi, micorriza-bocachi-biofertilizante, testigo referencial fueron NO DOMINADO por el testigo absoluto, ya que el beneficio neto es mayor que los alcanzados por el testigo absoluto.

Todos los tratamientos fueron NO DOMINADOS sin embargo al realizar la tasa de retorno marginal comparando los dos tratamientos que igualaron los rendimientos estadísticamente y agrónomicamente el testigo referencial y el tratamiento micorriza-bocachi-biofertilizante, aunque el testigo referencial obtuvo mayor beneficio neto, este también fue el que más costos variables obtuvo, por lo que, el inoculado con micorriza-bocachi-biofertilizante presentó un 69 % de TRM más alta que el testigo referencial obteniendo un mejor beneficio marginal adicional para los productores.

## VII. CONCLUSIONES

Cabe señalar que la simbiosis micorrízica es un fenómeno ampliamente fundamentado y reconocido por la comunidad científica internacional, y no hay duda de los incrementos en la absorción de los nutrientes y el agua en las plantas micorrizadas, así como de un mayor crecimiento y rendimiento de los cultivos.

Los resultados de la evaluación de cepas nativas de micorrizas para su uso en fertilización orgánica en el cultivo de Maíz, permite concluir el siguiente:

- El cultivo de maíz tiene una mejor respuesta si empleamos combinado la inoculación de micorriza y la incorporación del abono orgánico Bocachi y foliares como el biofertilizante permitiendo obtener rendimientos promedio similares al testigo referencial que utiliza la fertilización química que su uso excesivo afecta la calidad del suelo y eleva los costos de producción.
- El tratamiento de inoculación de micorriza más bocachi más biofertilizante tienen estadísticamente iguales rendimientos medios que el testigo referencial de 3,545.08 y 3,734.24 kg/ha respectivamente, la cual demuestra que el uso MBB es otra alternativa de fertilización orgánica para los cultivos.
- Desde el análisis agronómico el testigo referencial presentó un mayor rendimiento en comparación al inoculado con micorriza.
- Económicamente la mejor alternativa tecnológica es el tratamiento de inoculación de micorriza más bocachi más biofertilizante, ya que presentó menos costos que el testigo referencial lo cual dio un beneficio marginal neto de C\$ 741.43 córdobas/Ha y una tasa de retorno marginal del 69 % en comparación al testigo referencial.
- El porcentaje de colonización de arbusculos en poblaciones de micorrizas podemos concluir que niveles de porcentajes más altos se dio en el tratamiento inoculado con micorrizas en combinaciones de fertilización orgánicas y biofertilizante con 34%, seguido el que inoculó con micorriza y solo se usó abono orgánico, presentando menos del 20% el testigo referencial.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

Basados en las conclusiones anteriores derivada de los resultados en la evaluación realizada, permiten recomendar como una alternativa agroecológica de inoculación de micorrizas en combinaciones con fertilizante orgánico y biofertilizante, cuyos rendimientos son iguales que el testigo referencial teniéndose mayor beneficio neto marginal para los agricultores.

Esta tecnología es de bajo costo, mejora en las plantas mayor capacidad de asimilación de nutrientes como el fosforo y otros nutrientes al aumentar el sistema radicular. Este efecto se expresa en una elevada producción.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Martín Alonso, G. M., Rivera Espinoza, R., & Pérez Díaz, A. (2013). Efecto de canavalia, inoculación micorrízica y dosis de fertilizante nitrogenado en el cultivo del Maíz. *Cultivos tropicales*, 34(4), 61.
- Armenta-Bojorquez, & Montoya, G. (Enero-Abril de 2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de Mexico . 6(1), 51-56. Obtenido de <http://uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-16articulosPDF/07%20Biofertilizantes.pdf>: <http://uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-16articulosPDF/07%20Biofertilizantes.pdf>
- Blanco, F. M. (1880-1883.). <http://biodiversitylibrary.org/page/358992>. Obtenido de <http://biodiversitylibrary.org/page/358992>
- Castillo Cajina, R., & Bird Moreno, R. (noviembre de 2013). <https://bcn.gob.ni>. Obtenido de [https://bcn.gob.ni/estadisticas/estudios/2014/DT-33\\_Documento\\_final\\_Caracterizacion\\_del\\_maiz.pdf](https://bcn.gob.ni/estadisticas/estudios/2014/DT-33_Documento_final_Caracterizacion_del_maiz.pdf): [file:///C:/Users/Graciela/Documents/Tesis%20Fernando/DT-33\\_Documento\\_final\\_Caracterizacion\\_del\\_maiz.pdf](file:///C:/Users/Graciela/Documents/Tesis%20Fernando/DT-33_Documento_final_Caracterizacion_del_maiz.pdf)
- Cerda Castillo, M. E. (2004). Efecto de un inoculo micorrízico en Nicaragua. *Titulo de maestria*, 85 p.
- FAO. (2002). *FAO*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- FAO. (2015). *FAO Suelos y biodiversidad*. Obtenido de FAO Suelos y biodiversidad: <http://www.fao.org/3/a-i4551s.pdf>
- FAO, & CENTA. (2011). <http://www.fao.org/3/a-at788s.pdf>. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-at788s.pdf>: <http://www.fao.org/3/a-at788s.pdf>
- Harrison, P., & FAO. (2002). *FAO*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.htm#s>
- INTA. (2010). *Guía Tecnológica del cultivo de Maíz*. Managua, Nicaragua.
- LG Agro Tech. (2017). <https://www.lgseeds.es/blog/apuntes-tecnicos-maiz-estimacion-del-potencial-de-rendimiento-del-maiz/>. Obtenido de <https://www.lgseeds.es/blog/apuntes-tecnicos-maiz-estimacion-del-potencial-de-rendimiento-del-maiz/>
- Mena Echevarría, A., Olalde, V., Fernández, K., & Serrato, R. (2013). Diferencias en la respuesta del Maíz (*Zea mays* L.) a la inoculación con *Glomus cubense* (Y. Rodr. & Dalpé) y con un conglomerado de especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA). *Cultivos Tropicales*, 34(2), 13.
- Montaño Avias, N. M., Quiroz Garcia, V., & Cruz-Flores, G. (Octube-Diciembre de 2001). Colonización micorrízica arbuscular y fertilización mineral de genotipos de maíz y trigo cultivados en andisol. *TERRA Latinoamérica*, 337-344. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulos.oa?id=57319406>
- Noda, Y. (2009). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y Forrajes*, 32(2), 8.

- Olalde Portugal, V., & Aguilera Gómez, L. (Edits.). (noviembre-febrero de 2007). Micorrizas arbusculares. *Ciencia Ergo Sum*, vol. 14(núm. 3), pp. 300-306. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10414307>
- Parra Quijano, H. M. (2018). Mecanismo de adaptación de maíz asociado a *Glomus* ssp. en suelos con bajo fósforo disponible. *revista Agronomía Colombiana*. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/>
- Pérez- Luna, Y. d., Álvarez- Solís, J. D., Mendoza- Vega, J., Pat- Fernández, J. M., Gómez- Álvarez, R., & Cuevas, L. (2012). Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en maíz con cultivo. *Revista Gayana Bot.*, 69(1), 47.
- Pérez-Luna, Y. D., Alvarez-Solís, J. D., & Mendoza-Vega, J. (2012). Diversidad de hongos micorrizicos en maíz con cultivo de cobertura y biofertilizantes. *Gayana, Botanica*, 69(1), 46-56. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432012000100006>
- Primavesi, A. (1984). *Manejo Ecologico del suelo* (Quinta Edición ed.). Sao paulo, Brazil: EL ATENEO.
- Salmerón-Santiago, I., Pedraza-Santos, M., Chávez-Bárceñas, A., & Mendoza-Oviedo, L. (abril-junio de 2015). Cronología de la taxonomía y cladística de los glomeromicetos. *Rev. fitotec.*, vol.38(no.2). Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802015000200005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802015000200005)
- Tecnologías INTA. (Abril de 2010). Cultivo de maíz, guía tecnológica para la producción de maíz. (INTA, Ed.) *Guia tecnológica INTA, 2da. edición*(03), 8-10. Obtenido de <http://www.inta.gov.ni/biblioteca/images/pdf/guias/GUIA%20MAIZ%202010%20DA%20EDICION.pdf>
- Terra Latinoamericana. (2009). <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v27n4/v27n4a10.pdf>. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v27n4/v27n4a10.pdf>: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v27n4/v27n4a10.pdf>
- Yara, I. (26 de septiembre de 2019). *Yara*. Obtenido de <https://www.yara.es/nutricion-vegetal/maiz/tamano-cantidad-granos-maiz/>

## ***ANEXOS***

### ***Anexo 1.***

Datos Generales:

Departamento: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_  
Localidad : \_\_\_\_\_ Nombre de la finca: \_\_\_\_\_  
Nombre del productor: \_\_\_\_\_  
Fecha de establecimiento: \_\_\_\_\_  
Fecha de finalización: \_\_\_\_\_

### **Características Edafoclimáticas**

a) Altitud: \_\_\_\_\_ (m.s.n.m) b) precipitación anual (mm): \_\_\_\_\_ c) T° media anual (°C): \_\_\_\_\_  
d) Coordenadas: Latitud \_\_\_\_\_, Longitud \_\_\_\_\_  
e) Pendiente/terreno: \_\_\_\_\_ (%) d) Drenaje: Excesivo ( ) Moderado: ( ) Imperfecto: ( )

**Anexo 2. Registro de variables de rendimiento**

Tratamientos	Rendimiento (RG)	Mazorcas Totales (MaTo)	Plantas totales a cosechar (PITo)	Altura de Mazorca (AIMz)	Altura de planta )	Diámetro del tallo(DT)	N° de Hojas (NH)	Días a floración femenina (DFF)
	Kg/ha-1	N°/ha-1	N°/ha-1	cms	cms	cms	N°/Planta	días
Inoculación con micorrizas arbuscular								
Inoculación con micorrizas más Biomineral								
Sin inoculación (testigo absoluto)								
Fertilizante urea 46 % más inoculante de micorriza (testigo referencial)								



DMS	1701.16	17.21	1.48186	1.80601	11.48819
CV	22.77	8.82	5.48	12.61	20.96
Media	2775.01	165.59	12.24	6.49	24.88
R <sup>2</sup>	0.84	0.6	0.6	0.07	0.76
Desviación estándar	1478.5	23.3	0.65	0.66	8.19

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, según TUKEY con  $P \leq 0.05$

### Anexo 6. Galería de fotografía del trabajo del experimento



