

**Subsecretaría de Educación Superior  
Dirección General de Educación Superior Tecnológica  
Instituto Tecnológico de la Zona Maya**

**“Evaluación del crecimiento del maíz VS-536 inoculado con microorganismos (Micorrizas y Azospirillum), y con la adición de fertilizantes químicos en un suelo Luvisol.”**

**Informe Técnico de Residencia Profesional que presenta el C.**

**Keiron Alberto Xiu**

**N° de Control 10870221**

**Carrera: Ingeniería en Agronomía**

**Asesor Interno: Dr. Fernando Casanova Lugo**

**Juan Sarabia Quintana Roo, Diciembre 2014.**



**ITZM**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA  
EJIDO JUAN SARABIA, QUINTANA ROO**

## INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

El Comité de revisión para Residencia Profesional del estudiante de la carrera de INGENIERÍA EN AGRONOMÍA, **KEIRON ALBERTO XIU** aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por el asesor interno, Dr. Fernando Casanova Lugo, el asesor externo el Ing. Armando Escobedo Cabrera, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado **“Evaluación del crecimiento del maíz VS-536 inoculado con microorganismos (Micorrizas y Azospirillum), y con la adición de fertilizantes químicos en un suelo Luvisol.”** que presenta como requisito parcial para acreditar la asignatura de Residencia Profesional de acuerdo al Lineamiento vigente para este plan de estudios, dan fé de la acreditación satisfactoria del mismo y firman de conformidad.

**A T E N T A M E N T E**

**Asesor Interno:**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Fernando Casanova Lugo**

**Asesor Externo:**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Armando Escobedo Cabrera**

Juan Sarabia, Quintana Roo, Diciembre 2014

## Índice

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN .....	3
III. OBJETIVOS .....	5
3.1. Objetivo general.....	5
3.2. Objetivos específicos .....	5
IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.....	6
4.1. Localización .....	6
4.2. Clima.....	7
4.3. Suelo.....	8
V. PROBLEMAS A RESOLVER .....	10
VI. ALCANCE Y LIMITACIONES .....	12
6.1 Alcance .....	12
6.2 Limitaciones .....	12
VIII. FUNDAMENTO TEÓRICO .....	14
VIII. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	17
8.1. Preparación del terreno.....	17
8.2. Diseño experimental y tratamientos .....	17
8.3. Inoculación de biofertilizantes <i>Glomus intraradices</i> y <i>Azospirillum brasilense</i> ....	18
8.4. Siembra del maíz .....	19
8.5. Fertilización .....	20
8.6. Control de malezas .....	20
8.7. Control de plagas.....	21
8.8 Obtencion de mediciones.....	21
1.1 Diámetro del tallo.....	21
1.2 Altura de la planta.....	22
1.3 Numero de hojas.....	22
8.9 Análisis de datos.....	22
IX. RESULTADOS.....	23
X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	32
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	33

XII. ANEXOS.....	36
I. Preparación del terreno.....	36
II. Inoculación del maíz .....	37
III. Diseño experimental (distribución de tratamientos) .....	38
IV. Siembra manual del maíz .....	39
V. Control de malezas.....	40
VI. Control de plagas .....	41
VII. Fertilización .....	42
VIII. Toma de datos en campo .....	43

## I. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de alimentos a nivel mundial conlleva al desarrollo de métodos intensivos de producción agropecuaria que provocan la disminución de la capacidad de carga de los suelos (Craswell et al., 2004); particularmente, en las zonas de los trópicos subhúmedos, los ecosistemas considerados como perturbados son establecidos como monocultivos; bajo estas condiciones, se reduce la diversidad de especies y variedades cultivadas (Caamal-Maldonado *et al.*, 2001).

En la península de Yucatán, el maíz se produce bajo diferentes condiciones de potencial productivo que van desde no apto y bajo, hasta muy bueno, tanto en el sistema mecanizado como en el de roza, tumba y quema. Para lograr una producción sustentable de maíz es necesario complementar la fertilización química con formas biológicas, para obtener en lo posible un impacto en la producción y en la conservación del medio (Beer *et al.*, 2003). Los microorganismos de la rizosfera han mantenido una relación estrecha con las plantas desde que estas últimas iniciaron la colonización de la tierra (Selosse y Le Tacón, 1998) y han mantenido el funcionamiento y la estabilidad de los ecosistemas a través de la influencia de la composición de las especies en las comunidades vegetales (Uribe, 2006).

El estado de Quintana Roo, México, cuenta con una superficie sembrada de maíz de 79,926 ha, de las cuales se obtiene un rendimiento promedio de  $0.89 \text{ t ha}^{-1}$ , que está por debajo de la media nacional de producción de maíz (SIAP, 2014). Para el desarrollo óptimo de los cultivos, se requiere de la aplicación de fertilizantes sintéticos debido a que el suelo no proporciona los nutrientes necesarios para su crecimiento dado su naturaleza tropical (Caamal-Maldonado et al., 2001). No obstante, el uso irracional de estos productos sintéticos frecuentemente ocasiona la contaminación del agua y suelo; además de un desequilibrio en las funciones de los microorganismos rizosféricos que están involucrados en el crecimiento, desarrollo y nutrición del vegetal, lo que ocasiona la pérdida de la productividad sostenida.

La utilización de los recursos microbiológicos del suelo en los sistemas agrícolas es una realidad y alternativa eficiente para reducir el uso de fertilizantes químicos en los sistemas de producción, los microorganismos permiten el mantenimiento de la estructura física química del suelo y su balance biológico.

Las bacterias y los hongos son capaces de proveer a la planta diferentes nutrientes en forma asimilable. Esto puede ocurrir mediante diferentes procesos, por ejemplo, la inoculación de plantas con micorrizas contribuye a incrementar la absorción de agua, a solubilizar los minerales mediante la fosfatasa acida y a transformar el fósforo que se encuentra en el suelo, formando compuestos estables disponibles para la planta (Bashan *et al.*, 2012).

## II. JUSTIFICACIÓN

La utilización de los recursos microbiológicos del suelo en los sistemas agrícolas es una realidad y alternativa eficiente para reducir el uso de fertilizantes químicos en los sistemas de producción, los microorganismos permiten el mantenimiento de la estructura física química del suelo y su balance biológico. El estudio de bacterias asociadas a las plantas es una línea que avanza muy lentamente en México (Okon y Labandera, 1994), no obstante, se han obtenido resultados satisfactorios al inocular diversos cultivos con *Azospirillum* spp. Y como las bacterias, los cuales pueden alterar la velocidad y eficiencia de absorción de nutrientes de las plantas por un efecto directo en las raíces (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

González (2005) informa que la nutrición mineral en relación a las micorrizas arbusculares es uno de los aspectos más estudiados de la simbiosis, debido a la importancia que esta tiene en el desarrollo vegetal, con implicaciones en áreas tan diversas como la nutrición humana, la agricultura sustentable o la diversidad de los ecosistemas terrestres. Fue a mediados del siglo pasado cuando empezó a cobrar interés el estudio de las causas del mejor crecimiento de las plantas micorrizadas. El primer trabajo sobre el tema señalaba cómo el manzano micorrizado presentaba un mayor contenido en FE y CU que el tratamiento no inoculado con micorrizas cuando crecía en suelos deficientes en estos micronutrientes. Posteriormente se puso de

manifiesto que los hongos formadores de micorriza arbusculares manejaran también la absorción de fosfato por planta. Las causas de estas mejoras pueden ser múltiples:

1. Las hifas del hongo son capaces de explorar un mayor volumen del suelo que las propias raíces, por lo que aumenta la capacidad de absorción de nutrientes, especialmente de aquellos que difunden con dificultad en la solución del suelo.
2. Por su tamaño, las hifas son capaces de competir mucho mejor con otros microorganismos del suelo por nutrientes.
3. Se ha postulado que los transportadores de los hongos micorrícicos presentan una mayor afinidad por su sustrato que los dela planta.
4. La posibilidad de absorber fuentes de nutrientes no disponibles para la propia planta.

Una opción para incrementar la eficiencia los fertilizantes químicos es mediante el uso de los inoculantes bacterianos, alternativa biotecnológica y económica con alto impacto potencial para sustituir fertilizantes químicos importados, reducir costos y contaminación ambiental en áreas de bueno y mediano potencial productivo (Bashan *et al.*, 2012).

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

Evaluar el crecimiento del maíz VS-536 inoculado con microorganismos (Micorrizas y Azospirillum), y con la adición de fertilizantes químicos en un suelo Luvisol.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Cuantificar la altura total del maíz a diferentes edades
- Determinar el diámetro del tallo del maíz a diferentes edades
- Cuantificar el número de hojas del maíz a diferentes edades

## IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

### 4.1. Localización

El estudio se realizó en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya del estado de Quintana Roo, ubicado en el Ejido Juan Sarabia, km 21.5 Carretera Chetumal-Escárcega (Figura 1). El sitio de estudio se encuentra en las coordenadas: 18° 30' 57.2" N y 88° 29' 21.04" W. (INEGI, 2014).



**Figura 1.** Ubicación del sitio experimental ITZM

## 4.2. Clima

En la época invernal los frentes fríos son característicos en la temporada que va de noviembre a abril. Un período relativamente seco se observa en los meses de abril y mayo (época de estiaje). Desde este último mes y hasta octubre, la situación meteorológica en la región se ve fuertemente influenciada por la presencia de ondas tropicales que acarrearán una cantidad importante de humedad y que constituyen la temporada anual de lluvias, que son del tipo tropical.

Conforme a la clasificación climática de Köeppen, modificado por Enriqueta García, la península de Yucatán presenta un clima que va desde semi-seco, muy cálido, en la franja costera del Estado de Yucatán, hasta el tropical lluvioso, húmedo, cálido en la zona de Candelaria, Campeche.

La condición climática general en el estado de Quintana Roo es cálido subhúmedo con lluvias en verano, más extrema en la parte Norte que limita con el estado de Yucatán y en menor grado hacia el extremo Sur, la zona de estudio presenta lluvias en verano y marcada sequía en la mitad caliente del año (canícula).

En la zona de estudio ocurre el mismo tipo de clima que se presenta en la mayoría del territorio del Municipio de Othón P. Blanco, el cual está clasificado en general como cálido con lluvias en verano (Aw).

Específicamente se ha establecido que el área posee un clima cálido, subhúmedo intermedio Ax' (w1) (i1) gw', con temperatura media que oscila entre 18.8°C y 33° C y precipitación entre 1,100 y 1,300 mm anuales.

La precipitación pluvial anual es de 1,327.4 mm, con estación de lluvia de mayo a noviembre.

Esta zona es afectada por los ciclones, que aumentan la precipitación pluvial sobre todo en el verano.

Si bien se cuenta con una época de lluvias fuertes en verano, con sequía interestival, de hecho se presentan precipitaciones en todos los meses, aún en los que se toman como los más secos, marzo y abril, cuando se presentan precipitaciones exógenas traídas por las perturbaciones tropicales que se manifiestan en estas épocas, dado que el área se encuentra precisamente en la ruta de estos fenómenos hidroclimatológicos migrantes (<http://www.opb.gob.mx/inicio/wp-content/uploads/2014/05/PDM-OPB-2013-2016-V.-FSF.pdf>).

### **4.3. Suelo**

Es un terreno plano el cual es bien drenado con una humedad del 22.33% en el primer horizonte y 3.14% en el segundo, el primer horizonte no es salino y ligeramente

erosionado, con una permeabilidad moderada, estructura granular, su consistencia en seco es suelto y no pegajoso en mojado, con pocos poros y finos con raíces comunes y un pH neutro y es extremadamente rico en materia orgánica y una textura que es arcilla en el primer horizonte y segundo es migajón arcilloso. (Hernández *et al.*, 2008).

## V. PROBLEMAS A RESOLVER

El problema de interés de esta investigación es saber si el uso de inoculantes orgánicos como micorrizas y azospirillum, y la adición de fertilizantes químicos en dosis bajas, favorece la dinámica y crecimiento de raíces finas, y en consecuencia, que exista una mayor producción de maíz por superficie.

Se ha demostrado que la inoculación de las plantas de maíz con *Azospirillum spp.*, produce un incremento en el desarrollo del sistema radical de la planta, lo cual conlleva una mejora de la capacidad de esta para utilizar de forma más eficaz los fertilizantes nitrogenados, por lo que pueden ser utilizados en dosis más bajas. Este es un hecho fundamental ya que se conoce que hay una gran discrepancia entre la cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado y la que es realmente utilizado por la planta. Por esta razón, puede quedar un exceso de compuestos nitrogenados en el ecosistema lo que representa la mayor fuente de contaminación por N tanto en la atmósfera (óxidos de N) como en las aguas superficiales y profundas (nitratos). El manejo apropiado de esta simbiosis puede permitir una reducción significativa de fertilizantes y fungicidas químicos, aspectos claves en una producción significativa de fertilizantes y fungicidas químicos, aspectos claves en una producción sustentable en agricultura con beneficios ecológicos y económicos. El concepto de agricultura sustentable no persigue la disminución drástica ni eliminación del uso de fertilizantes químicos y de fitofármacos.

Por definición “un desarrollo sostenido implica un uso racional de los recursos renovables y la utilización mínima de materiales o procesos cuya producción y desarrollo conlleva consumo de energía de fuentes no renovables (Collados, 2006).

## **VI. ALCANCE Y LIMITACIONES**

### **6.1 Alcance**

Se estableció satisfactoriamente un área de 0.25 ha del maíz VS-536 en el ITZM. Se obtuvo un 90 por ciento de germinación gracias a las buenas condiciones del suelo y humedad.

### **6.2 Limitaciones**

La condición climática general en el estado de Quintana Roo es cálido subhúmedo. En la época invernal los frentes fríos son característicos en la temporada que va de noviembre a abril. Un período relativamente seco se observa en los meses de abril y mayo. Desde este último mes y hasta octubre se observa una temporada lluviosa.

En el periodo seco del año 2014 la situación de la sequía se prolongó hasta el mes de agosto por lo cual las plantas de maíz sufrieron un estrés hídrico debido a la sequía. Esta situación causó graves daños en el crecimiento del maíz durante una primera ocasión.

En un segundo intento por establecer el experimento, el exceso de lluvia (inundación) fue otro problema que sufrió las plantas de maíz ya que igual la temporada de lluvias se prolongaron.

En un tercer intento se logró establecer el maíz, aunque en el primer mes de crecimiento la plaga del Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), atacó ligeramente el cultivo, lo que causó un retraso en el desarrollo en las plantas de maíz.

## VIII. FUNDAMENTO TEÓRICO

Las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas de diversos tipos que se establecen entre ciertos hongos del suelo y las raíces de una planta. El tipo de asociación hongo-raíz más extendido en la naturaleza tal vez sea la llamada endomicorriza o micorriza arbuscular, 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 arbuscúlos, que actúan como órganos de intercambio de nutrimentos entre la célula vegetal y el huésped (Aguilera *et al.*, 2007)

Basaglia *et al.*, (2003) reconoce que los efectos beneficiosos de la inoculación con *Azospirillum* sobre el crecimiento y nutrición vegetal se deben a cambios en la fisiología y morfología del sistema radical, lo que permite mejorar la adquisición de agua y nutrientes minerales por parte de la planta. Sin embargo, no se puede descartar que tales cambios en la arquitectura y actividad del sistema radical, puedan afectar las poblaciones microbianas autóctonas asociadas a la raíz, lo que podría afectar indirectamente a la planta.

El establecimiento de la micorriza da lugar a cambios en la fisiología de la planta hospedadora, lo cual permite que las plantas micorrizadas se desarrollen mejor y

muestren un nivel de resistencia/tolerancia a los estreses ambientales (Barea *et al.*, 2005).

Las bacterias y los hongos son capaces de proveer a la planta diferentes nutrientes en forma asimilable. Esto puede ocurrir mediante diferentes procesos, por ejemplo, la inoculación de plantas con micorrizas contribuye a incrementar la absorción de agua, a solubilizar los minerales mediante la fosfatasa acida y a transformar el fósforo que se encuentra en el suelo, formando compuestos estables disponibles para la planta (Bashan *et al.*, 2012).

Se ha demostrado que la inoculación de las raíces de las plantas con *Azospirillum* brasilense, produce un incremento en el desarrollo del sistema radical de la planta, lo cual conlleva una mejora de la capacidad de esta para utilizar de forma más eficaz los fertilizantes nitrogenados, por lo que pueden ser utilizados en dosis más bajas (Collados, 2006).

Rojas M., (2011) menciona que los Inoculantes microbianos productos benéficos que incluyen a las bacterias fijadoras de nitrógeno del genero *Azospirillum* y hongos micorrizicos del genero *Glomus* que se asocian a las raíces de las plantas y favorecen su nutrición para lograr rendimientos económicos aceptables, no contaminan, ni causan daño al suelo, ni al hombre y representan una alternativa al uso de los fertilizantes químicos tradicionales.

## **Efectos de los Inoculantes microbianos**

La bacteria, *Azospirillum brasilense* presenta capacidad para promover el crecimiento vegetal mediante mecanismos como la fijación biológica del nitrógeno atmosférico, producir sustancias estimuladoras de crecimiento tanto de tallo como de raíz, la producción de antibióticos para reducir enfermedades fungosas y por nematodos.

Las micorrizas, *Glomus intraradices* son hongos benéficos asociados a los pelos absorbentes de la raíz, incrementando así su longevidad y por tanto aumenta la exploración de la raíz con un incremento en el proceso de solubilizar, absorber y transportar nutrientes de baja movilidad como fósforo, cobre, y agua del suelo. Inducen tolerancia a la sequía mediante menor resistencia del transporte de agua en las plantas y aumentan la tasa media relativa de crecimiento en área foliar, tamaño del grano y el rendimiento.

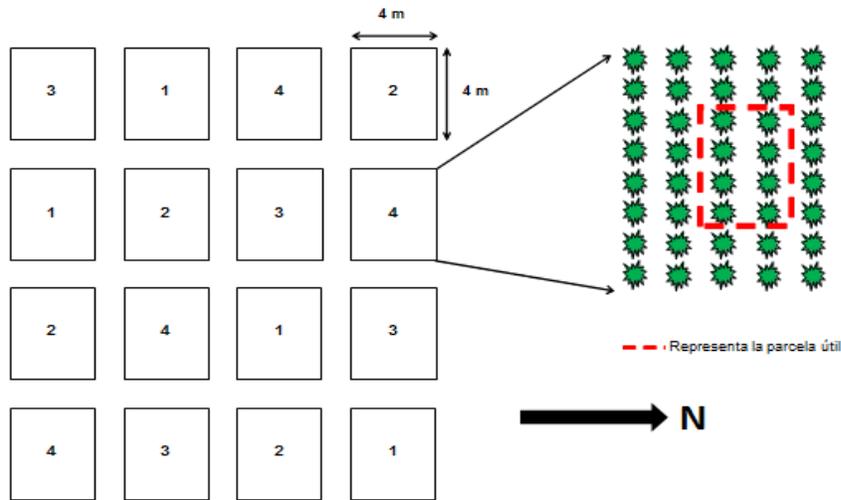
## **VIII. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS**

### **8.1. Preparación del terreno**

Primero se realizó la limpieza del área con chapeo, después dependiendo del cultivo a producir y el tipo de suelo se determina el tipo de labranza que se empleara, en esta caso se realizó el barbecho se realizó a 30-35 cm de profundidad, efectuaron dos pases de rastra en sentido cruzado y se surcó el terreno. Donde se levantaron y cortaron los troncos y piedras para que no dañen al tractor.

### **8.2. Diseño experimental y tratamientos**

Para el estudio se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones, tal como se muestra en la figura 2. Cada unidad experimental es de 4 x 4 m (16 m<sup>2</sup>), donde la parcela útil está en el centro de la unidad experimental, considerando el efecto de borde.



**Figura 2.** Representación esquemática de la distribución de los tratamientos a evaluar.

Tratamientos:

1. Micorrizas y *Azospirillum* (MA)
2. Micorrizas y *Azospirillum* + 50% fertilización química (MA + FQ50).
3. Fertilización química al 100% (FQ100)
4. Control (Testigo).

### **8.3. Inoculación de biofertilizantes *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense*.**

Los biofertilizantes microbianos pueden aplicarse a la semilla, el suelo o al material vegetativo. En cultivos anuales los beneficios de la simbiosis se expresan en plazos muy breves, de 20-30 días después de la biofertilización. La forma más precisa de aplicarlos es mediante su adhesión a las semillas.

Los biofertilizantes tiene como sustrato el suelo o la turba, vienen acompañados de un adherente, que en muchos casos es el carboximetil celulosa a una concentración de 0.5%.

Para aplicar el biofertilizante a la semilla se sugiere extenderla en un plástico y asperjar sobre ella el adherente y mezclar muy bien; es importante verificar que toda la semilla quede “pegajosa” e inmediatamente agregar el biofertilizante. Si no queda pegajosa, se puede mejorar la adhesividad agregando agua con azúcar (INIFAP, 2009).

Los biofertilizantes que vienen en presentación de 1.0 kg/ha micorriza (*Glomus intraradices*), producida por el INIFAP<sup>®</sup> y de 350 g/ha bacteria fijadora de nitrógeno (*Azospirillum brasilense*), generada por BIOSUSTENTA<sup>®</sup>. La inoculación se realizó durante la mañana a temperatura menor de 25°C bajo la sombra, considerándose las recomendaciones para el manejo e inoculación del hongo y la bacteria sobre la semilla descritas por el INIFAP.

#### **8.4. Siembra del maíz**

La siembra se realizó en el mes de octubre, donde el método de siembra fue de forma manual a espeque en suelo húmedo. La separación entre surco es a 0.80 m y entre plantas a 0.20 m, una semilla por cepa. Se utilizó la variedad de maíz VS-536, la cual se sembrará con una densidad de población aproximada de 62,500 plantas por hectárea.

## **8.5. Fertilización**

En fertilización se utilizó una dosis de fertilización química convencional con los tratamientos 142–70–00 kg/ha. Se recomienda aplicar al momento de la siembra la mitad del nitrógeno y todo el fósforo, y la parte restante del nitrógeno en la segunda escarda, por lo que la fórmula aplicada al momento de la siembra fue de 71-70-00 y 50 días después se aplica la dosis faltante. Se utiliza la fuente fertilizante química de Fosfato Di amónico (DAP) y urea.

Es conveniente que el fertilizante se distribuya uniformemente en el surco, de preferencia a un lado. Para lograr el máximo aprovechamiento del fertilizante por la planta hay que taparlo aprovechando del fertilizante por la planta hay que taparlo muy bien con suelo, mediante una azadón.

## **8.6. Control de malezas**

Para el control de maleza se realizó forma manual con azadón en toda el área del cultivo con el propósito de evitar que sean hospederos de plagas y competidores en nutrientes con el maíz. Eliminar las malezas ha evitado competencias fotosintéticas con el cultivo y cruzamiento de raíces ajenas al maíz.

## **8.7. Control de plagas**

Las plagas más importantes a controlar en el cultivos de maíz elotero en la Zona son el Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), es una larva que varía de color gris a café, con rayas claras a lo largo del cuerpo y mide de 1 a 4 centímetros de largo. Se presenta desde cinco días de nacida y puede llegar a destruirla completamente. El ataque a plantas mayores retrasa el desarrollo y por consecuencia los rendimientos disminuyen. Cuando de 100 plantas revisadas 25 o más tengan gusanos o daños; se pueden aplicar cualquiera de los siguientes insecticidas: Sevín 5% granulado, 10 kilogramos por hectárea, Gusatión metílico 20% 1.0 litros por hectárea, Lorsban 480 EM 0.4 litros por hectárea, Lannate 1.5% polvo, 5.0 kilogramos por hectárea ó Sevín 80% P.H., 1.0 kilogramos por hectárea. Para un control biológico se recomienda aplicar Bacillus HD o Crymax GDA en dosis de 225 gramos de ingrediente activo por hectárea (INIFAP, 2006).

## **8.8 Obtención de mediciones**

### **1.1 Diámetro del tallo**

Las mediciones del tallo se obtuvieron usando un vernier electrónico, en donde las mediciones del diámetro se tomaron a 2 cm sobre el suelo. Las dos hileras centrales de cada bloque fueron utilizadas para la obtención de datos. Los datos fueron recopilados cada 30 días

## **1.2 Altura de la planta**

Las mediciones de la altura se obtuvieron usando un flex, en donde las mediciones se tomaron desde el nivel del suelo hasta el ápice de la rama. Las dos hileras centrales de cada bloque fueron utilizadas para la obtención de datos. Los datos fueron recopilados cada 30 días.

## **1.3 Numero de hojas**

Las hojas fueron contadas manualmente. Las dos hileras centrales de cada bloque fueron utilizadas para la obtención de datos. Los datos fueron recopilados cada 30 días.

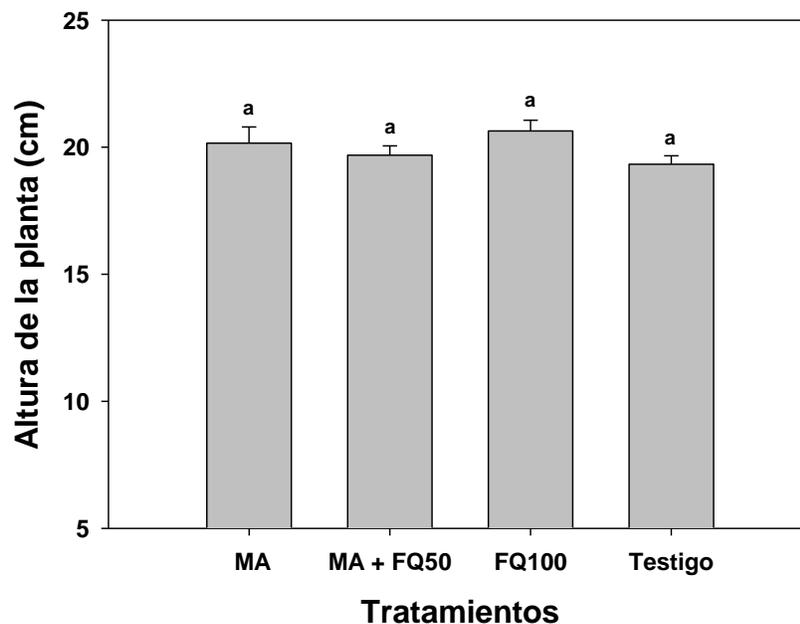
## **8.9 Análisis de datos**

Los datos recopilados fueron analizados con el programa Sigmaplot versión 11.0 para Windows®, por medio de un análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Cuando se encontraron diferencias estadísticas se procedió a realizar una prueba de tukey al 5% de error.

## IX. RESULTADOS

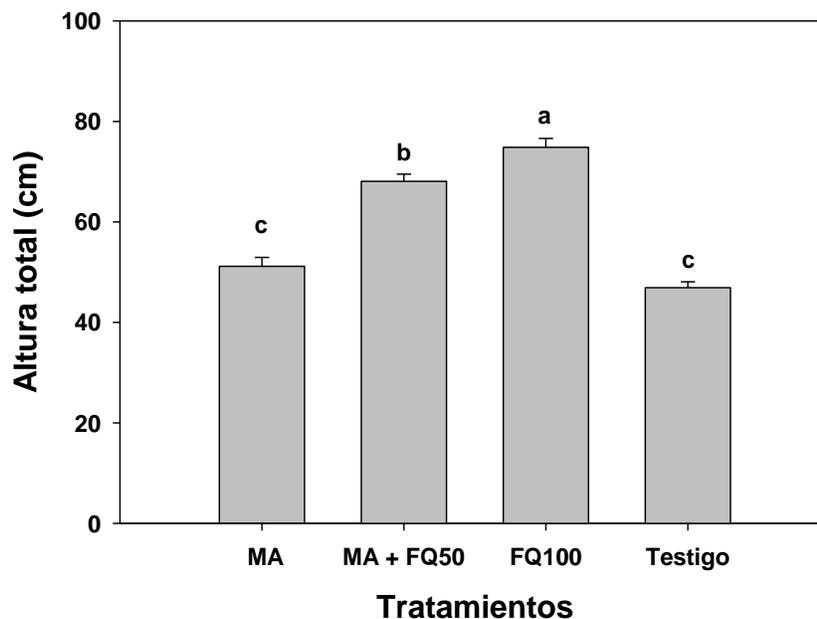
### 9.1. Altura total de la planta

Los análisis estadísticos muestran que a 30 días de establecimiento del cultivo de maíz los diferentes tratamientos evaluados no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $F=1.628$ ,  $p=0.182$ ), con un valor promedio de 31.92 cm.



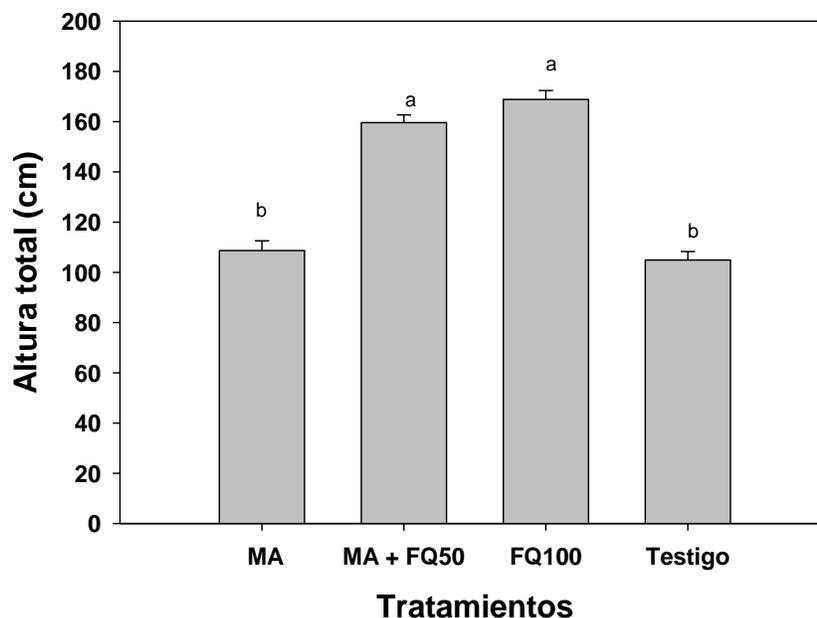
**Figura 3.** Altura total promedio de las plantas de maíz VS-536 inoculado con microorganismos y fertilización química a 30 días de crecimiento en un suelo Luvisol. MA, Micorrizas y Azospirillum, MA + FQ50, Micorrizas y Azospirillum con 50% de fertilización química, FQ100, 100% de fertilización química.

En el segundo muestreo (a 60 días) los tratamientos mostraron diferencias significativas ( $F= 71.87$ ,  $p<0.001$ ), debido a que el tratamiento FQ100 obtuvo la mayor altura (17.77 cm) en comparación a los demás tratamientos.



**Figura 4.** Altura total promedio de las plantas de maíz VS-536 inoculado con microorganismos y fertilización química a 60 días de crecimiento en un suelo Luvisol. MA, Micorrizas y Azospirillum, MA + FQ50, Micorrizas y Azospirillum con 50% de fertilización química, FQ100, 100% de fertilización química.

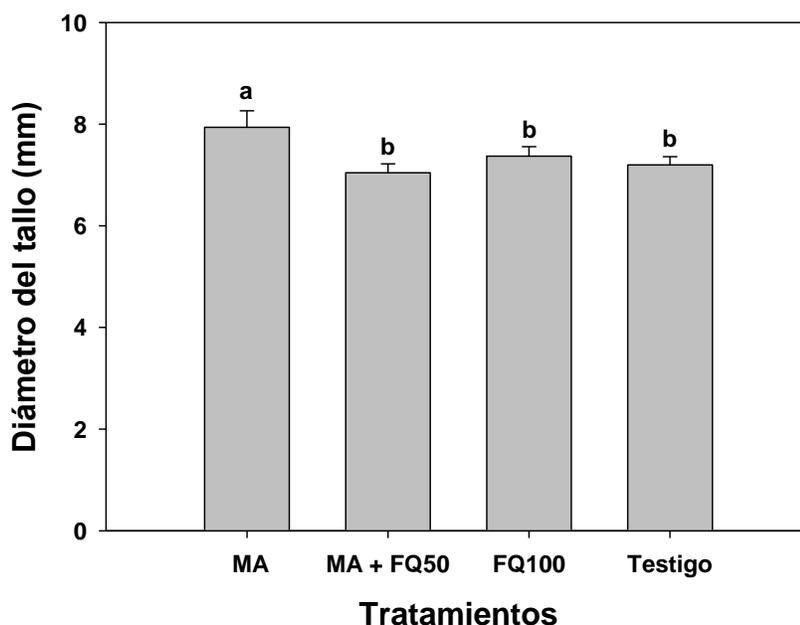
En el último muestreo (a 90 días) los tratamientos mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $F=94.35$ ,  $p<0.001$ ), debido a que el tratamiento FQ100 y MA + FQ50 fueron mayores (168.84 y 159.56, respectivamente), en comparación con los demás tratamientos.



**Figura 5.** Altura total promedio de las plantas de maíz VS-536 inoculado con microorganismos y fertilización química a 90 días de crecimiento en un suelo Luvisol. MA, Micorrizas y Azospirillum, MA + FQ50, Micorrizas y Azospirillum con 50% de fertilización química, FQ100, 100% de fertilización química.

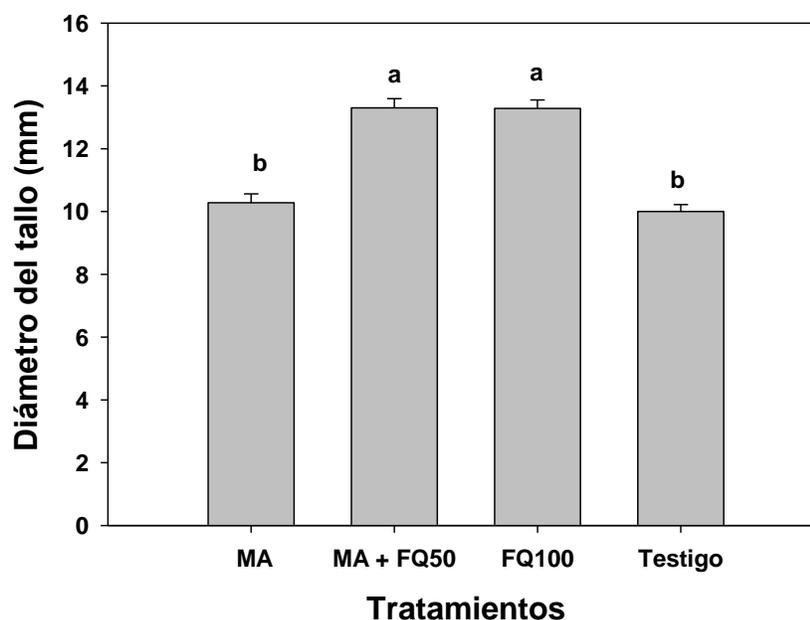
## Diámetro del tallo de maíz.

En el primer muestreo (a 30 días) los tratamientos mostraron diferencias significativas ( $F=3.050$ ,  $p=0.028$ ), debido a que el tratamiento MA obtuvo el mayor diámetro en comparación a los demás tratamientos con un valor promedio de 3.99 mm.



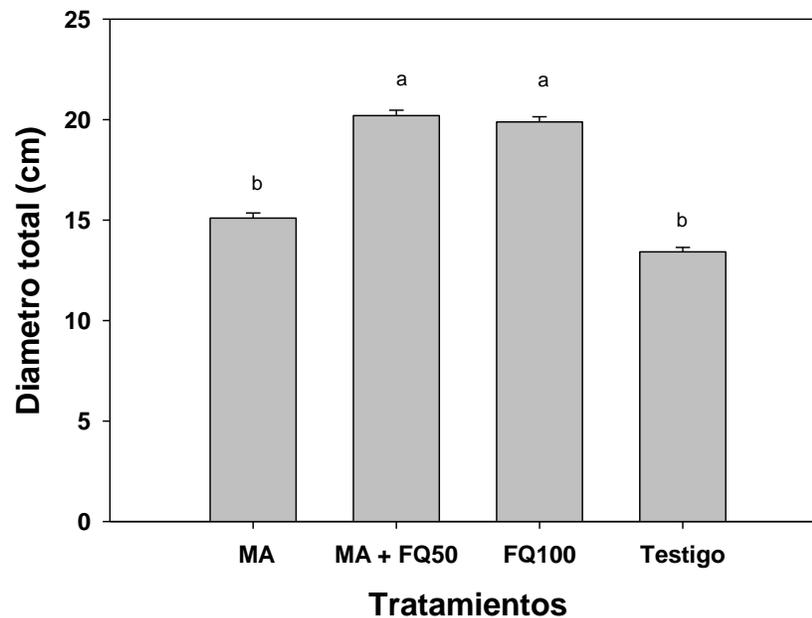
**Figura 6.** Diámetro promedio del tallo de las plantas de maíz VS-536 inoculado con microorganismos y fertilización química a 30 días de crecimiento en un suelo Luvisol. MA, Micorrizas y Azospirillum, MA + FQ50, Micorrizas y Azospirillum con 50% de fertilización química, FQ100, 100% de fertilización química.

En el segundo muestreo (a 60 días) los tratamientos mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $F=46.037$ ,  $p<0.001$ ), debido a que la FQ100 y MA + FQ50 fueron mayores (13.28y 13.30, respectivamente), en comparación con los demás tratamientos.



**Figura 7.** Diámetro promedio del tallo de las plantas de maíz VS-536 inoculado con microorganismos y fertilización química a 60 días de crecimiento en un suelo Luvisol. MA, Micorrizas y Azospirillum, MA + FQ50, Micorrizas y Azospirillum con 50% de fertilización química, FQ100, 100% de fertilización química.

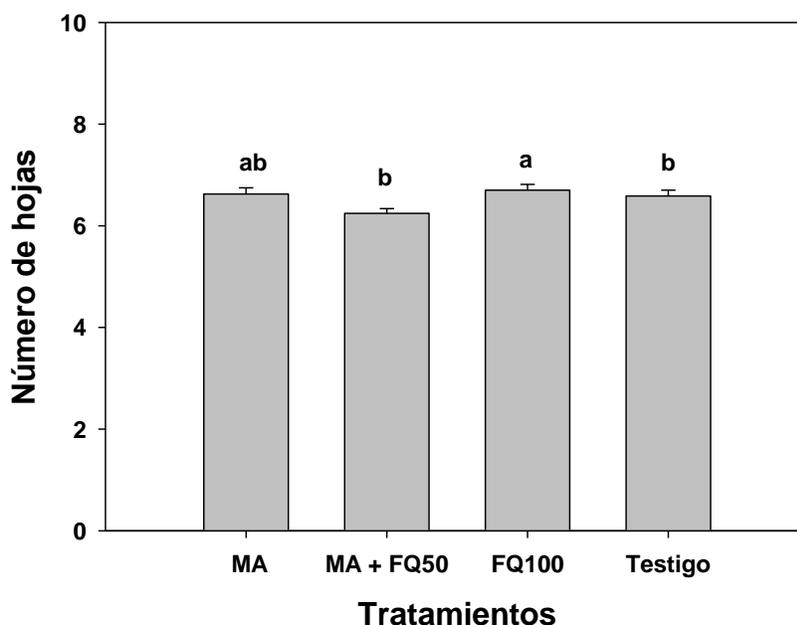
En el último muestreo (a 90 días) los tratamientos de nuevo mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $F=54.520$ ,  $p<0.001$ ), dado que la FQ100 y MA+FQ 50% fueron mayores (Valor y valor, respectivamente), en comparación con los demás tratamientos.



**Figura 8.** Diámetro promedio del tallo de las plantas de maíz VS-536 inoculado con microorganismos y fertilización química a 90 días de crecimiento en un suelo Luvisol. MA, Micorrizas y Azospirillum, MA + FQ50, Micorrizas y Azospirillum con 50% de fertilización química, FQ100, 100% de fertilización química.

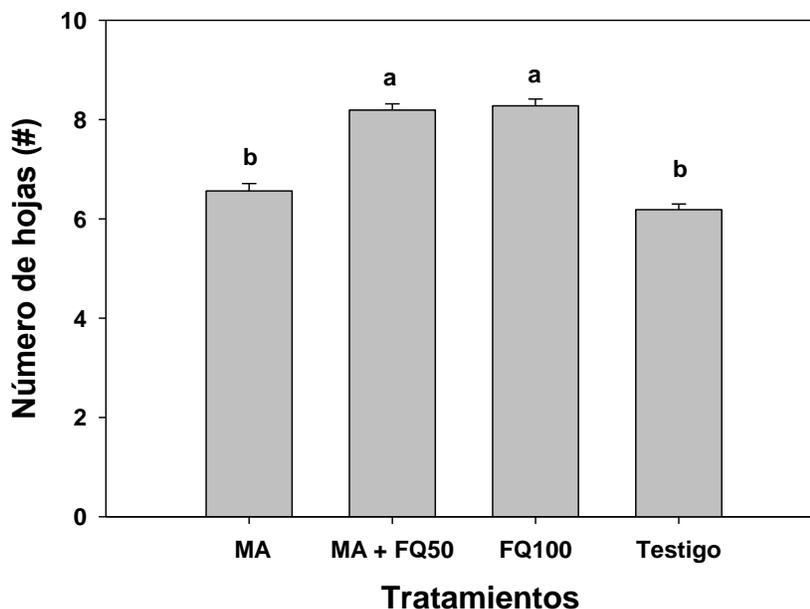
## Número totales de hojas del maíz.

A los 30 días de crecimiento, los tratamientos FQ100% y el MA manifestaron la mayor cantidad de hojas (21 y 20, respectivamente), aunque este último es similar a los tratamientos de MA+FQ50% y el testigo ( $F=1.628$ ,  $p=0.182$ ).



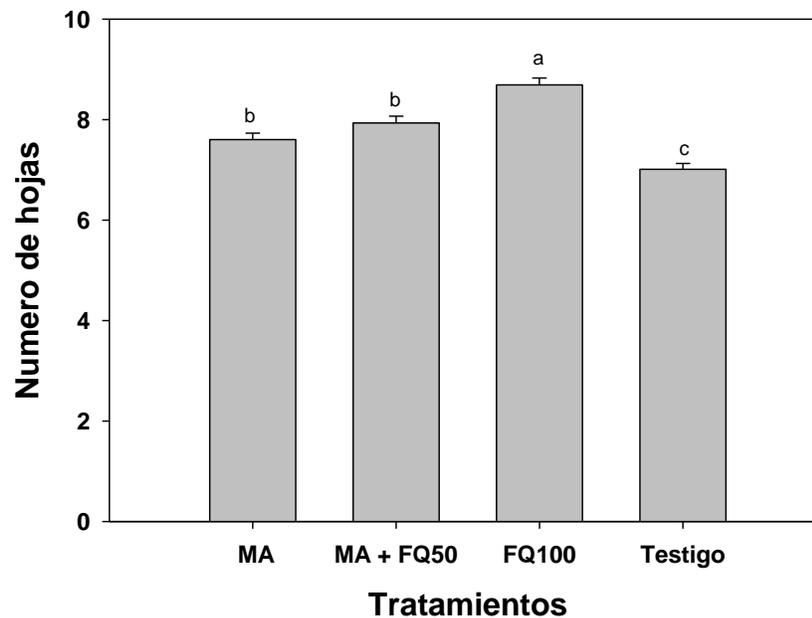
**Figura 9.** Número de hojas promedio en las plantas de maíz VS-536 inoculado con microorganismos y fertilización química a 30 días de crecimiento en un suelo Luvisol. MA, Micorrizas y Azospirillum, MA + FQ50, Micorrizas y Azospirillum con 50% de fertilización química, FQ100, 100% de fertilización química.

En el segundo muestreo (a 60 días) los tratamientos mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $F=65.902$ ,  $p<0.001$ ), debido a que el tratamiento FQ100 y MA+FQ50 fueron mayores en comparación con los demás tratamientos con valores de 8.27 y 8.19, respectivamente.



**Figura 10.** Número de hojas promedio en las plantas de maíz VS-536 inoculado con microorganismos y fertilización química a 60 días de crecimiento en un suelo Luvisol. MA, Micorrizas y Azospirillum, MA + FQ50, Micorrizas y Azospirillum con 50% de fertilización química, FQ100, 100% de fertilización química.

En el último muestreo (a 90 días) los tratamientos mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $F=29.626$ ,  $p<0.001$ ), debido a que el tratamiento FQ100% fue el que tuvo el mayor número de hojas (9) en comparación con los demás tratamientos.



**Figura 11.** Número de hojas promedio de las plantas de maíz VS-536 inoculado con microorganismos y fertilización química a 90 días de crecimiento en un suelo Luvisol. MA, Micorrizas y Azospirillum, MA + FQ50, Micorrizas y Azospirillum con 50% de fertilización química, FQ100, 100% de fertilización química.

## **X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se concluye que la fertilización química al 100% (FQ100%) y la inoculación de semillas con la aplicación del 50% de fertilizante (MA + FQ50) fueron los mejores tratamientos aplicados al maíz VS-536 debido a su rápido crecimiento bajo las condiciones de la zona.

Se recomienda la inoculación de semillas con microorganismos (Micorrizas y Azospirillum) previo a la siembra, complementado con la aplicación del 50% de fertilizante químico, dado que podrían contribuir a reducir el impacto negativo en el medio ambiente por el uso excesivo de dichos compuestos sintéticos.

## XI. BIBLIOGRAFÍA.

AGUILERA, G., OLALDE P., RUBÍ A., CONTRERAS, A. 2007. Micorrizas arbusculares. *Ciencia Ergo Sum*. 14 (3). 300-306.

ALARCÓN A., FERRERA-CERRATO R. 2000. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. *Agricultura Técnica en México*. 26 (2). 191-203

BAREA, J., AZCÓN, R., AZCÓN-AGUILAR C. 2005. Interactions between mycorrhizal fungi and bacteria to improve plant nutrient cycling and soil structure. In: *Microorganisms in soils: roles in genesis and functions*. F. Buscot, S. Varma (eds.): 195-212. Heidelberg, Alemania: Springer-Verlag.

BASAGLIA M., CASELLA S., PERUCH U., POGGIOLINI S., VAMERALI T., MOSCA G., VANDERLEYDEN, J., DE TROCH P., NUTI MP. 2003. Field release of genetically marked *Azospirillum brasilense* in association with *Sorghum bicolor* L. *Plant and Soil*. 256 (2): 281-290

BASHAN Y., SALAZAR B., MORENO M., BLANCA R. LÓPEZ B., LINDERMAN R. 2012. Restoration of eroded soil in the Sonoran Desert with native leguminous trees using plant growth-promoting microorganisms and limited amounts of compost and water. *Journal of Environmental Management*, 102 (2012). 26-36

BENÍTEZ, V. 2006. Efecto del laboreo en el desarrollo del sistema radicular del trigo, habas, garbanzos y girasol en un vertisol de seco. Tesis de Doctorado. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes, Universidad de Córdoba.

<http://www.plant-image-analysis.org/software/rootsna> (Consulta: 12/10/2014).

- COLLADOS, C. 2006. Impacto de inoculantes basados en *Azospirillum* modificadogenéticamente sobre la diversidad y actividad de los hongos de la micorriza arbuscular en rizosfera de trigo y maíz. . Tesis doctoral, Universidad de Granada.
- GUERRA L. 2011. Afinidad por colonización de dos hongos micorrícicos en plantas de maíz. Tesis de Maestría. IPN. Mexico. D.F.
- GONZÁLEZ, G. 2005. Estudios de los mecanismos implicados en la homeostasis de metales pesados en el hongo formador de micorrizas arbusculares *Glumus intraradices*. Tesis doctoral, Universidad de Granada.
- HERNÁNDEZ, A.; CASANOVA, V.; JIMÉNEZ, F. 2008. Caracterización de los suelos del jardín botánico del ITZM. Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Juan Sarabia, Quintana Roo. México.
- INEGI. 2014. <http://gaia.anegi.org.mx> (consulta: 23-11-14)
- INIFAP. 2009. Los Biofertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en México. Folleto Técnico Núm. 5 Tuxtla Chico, Chiapas, Mexico Marzo 2009.
- INIFAP. 2006. Producción de maíz elotero con un enfoque de agricultura de conservación en la zona media de San Luis Potosí. Folleto para Productores Núm. 42 San Luis Potosí, S.L.P., México.
- JEFFRIES, P., GIANINAZZI, S., PEROTTO, S., TURNAU, K. AND BAREA, J.M. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soil* 37: 1–16.

- JOHNSON, M., TINGEY, D., PHILLIPS, D., STORM, M. 2001. Patterns of ponderosa pine fine root growth as affected by elevated CO<sub>2</sub>: initial results. *Plant Physiol.* 14, 81-88.
- MERRILL, S., TANAKA, D., HANSON, J. 2002. Root length growth of eight crop species in Haplustoll soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 913-923.
- MUÑOZ-ROMERO, V., LÓPEZ-BELLIDO, R., LÓPEZ B. 2010 .Influencia del método de laboreo en el desarrollo radicular del trigo. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes. Universidad de Córdoba. 68-73
- PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL OTHÓN P. BLANCO 2013 – 2016. <http://www.opb.gob.mx/inicio/wp-content/uploads/2014/05/PDM-OPB-2013-2016-V.-FSF.pdf> Visto 10/12/2014
- ROJAS M., FERNÁNDEZ S. 2011. Efecto del *Azospirillum brasilense* y Micorriza INIFAP en el rendimiento de maíz en el estado de Tlaxcala. CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL CENTRO INIFAP TLAXCALA. Desplegable para Productores No. 12
- SIAP. 2014 <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (consulta: 10-09-14).
- URIBE G., DZIB R. 2006. Micorrizaarbuscular (*Glomus intraradices*), *Azospirillum brasilense* y Brassinoesteroide en la producción de maíz en suelo luvisol. *Agricultura técnica en México.* 32 (1).67-76

## XII. ANEXOS

### I. Preparación del terreno

a) Chapeo



b) Barbecho



c) Pase de rastra



d) Final del preparación del terreno



## II. Inoculación del maíz

### a) Inoculantes



### b) Mezcla de inoculantes



### c) Mezcla de inoculantes



### d) Maiz inoculado



### III. Diseño experimental (distribución de tratamientos)

a) Formación del cuadro experimental



b) Formación del cuadro experimental



c) Formación del cuadro experimental



d) Formación del cuadro experimental



#### IV. Siembra manual del maíz

a) Formación de hileras a plantar



b) Siembra del maíz



c) Siembra del maíz



d) Siembra del maíz



## V. Control de malezas

a) Chapeo



b) Limpieza manual



c) Limpieza con azadon



d) Chapeo



## VI. Control de plagas

a) Insecticida utilizada



b) Dosis aplicada por Bomba



c) aplicación del insecticida



d) Aplicación del insecticida



## VII. Fertilización

### a) Fertilizante a usar



### b) Dosis por tratamiento



### c) Fertilización



### d) Fertilización



## VIII. Toma de datos en campo

a) Medición del altura



b) Medición del diámetro del tallo



c) Número de hojas



d) Medición altura

