

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Respuesta de Cultivos a Biofertilizante Arrancador a base de Microorganismos  
(Micorrízicos, Entomopatógenos y Rizobacterias).

Por:

**JOSÉ LEONARDO ACOSTA MÉNDEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Octubre de 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Respuesta de Cultivos a Biofertilizante Arrancador a base de Microorganismos  
(Micorrízicos, Entomopatógenos y Rizobacterias).

Por:

**JOSÉ LEONARDO ACOSTA MÉNDEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Ing. René Arturo De La Cruz Rodríguez

Asesor Principal

  
M.C. Modesto Colín Rico

Coasesor

  
Ing. Manuel Treviño Torres

Coasesor

  
Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía

  
Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2017

## **DEDICATORIA**

*Especialmente a mi madre, a mi padre mi esposa, mis hijos y hermanos, familiares, amigos, maestros. Quienes siempre me tendieron la mano, confiaron y apoyaron para lograr finalmente concluir mis estudios de licenciatura en esta gran universidad que es la narro.*

### **A Dios**

*Que cada día me dio fuerza suficiente para lograr este objetivo, también la oportunidad en la vida de poder lograr concluir la licenciatura en esta universidad y por permitirme rodearme de gente buena de la que siempre recibí un buen consejo para seguir adelante*

## **AGRADECIMIENTOS**

### ***A mi Alma Terra Mater***

*Por darme la facilidad de realizar mis estudios profesionales y cumplir con uno de mis mayores anhelos de lo cual me siento orgulloso.*

### ***A mis Padres:***

*MARÍA DEL SOCORRO MENDEZ SALAS*

*MANUEL ACOSTA CEDILLO*

*Primeramente por darme la existencia en esta vida, darme la formación debida para ser en esta vida una persona de bien y por darme el apoyo al máximo para poder terminar mis estudios en esta gran universidad, gracias que dios los bendiga siempre.*

### ***A mi Esposa:***

*CLAUDIA GUADALUPE ZAMORA HUERTA*

*Por el apoyo incondicional durante todo tiempo que necesite para terminar mi carrera, por la paciencia y comprensión que siempre tuvo no solo conmigo si no también con nuestros hijos, por su amor demostrado en todo momento, muchas gracias te quiero.*

### ***A mis Hijos:***

*LEONARDO DAMIÁN ACOSTA ZAMORA*

*MARÍA FERNANDA ACOSTA ZAMORA*

*ANA CAROLINA ACOSTA ZAMORA*

*Por la paciencia comprensión que siempre demostraron, una disculpa por los regañones pero espero no haberme sobrepasado pero mi intención es siempre que vayan por el buen camino, sabiendo que tienen siempre mi apoyo y yo también espero siempre contar con el suyo. Ustedes son mi orgullo, espero que mi ejemplo les sirva para superarse en la vida y acuérdense que los quiero mucho. Gracias.*

***A mis Hermanos:***

*Ana margarita, Raúl, Ramiro, Patricia y María del Socorro.*

*Por mostrarme siempre apoyo, confianza y fe para lograr las metas trazadas, muchas gracias y espero siempre estar unidos como hasta ahora.*

***A mi Asesor Principal:***

*Ingeniero Rene de la Cruz Rodríguez*

*Por su apoyo, esfuerzo y dedicación que obtuve de él, en la realización de este trabajo y por los conocimientos tanto teóricos como prácticos que siempre me brindo como maestro, asesor y como amigo. Gracias ingeniero.*

***A mi Amigo:***

*Ing. Manuel Treviño Torres*

*Por apoyarme en la realización de este trabajo y transmitir los conocimientos que tiene en esta área lo que me facilito sacar adelante la presente tesis. Te lo agradezco Manuel.*

***Al Ingeniero José Ángel de la Cruz Breton (+):***

*Por su apoyo, facilidades y confianza que me dio como jefe del área de invernaderos lo que me llevo a realizar mis estudios y trabajo actual. Gracias ingeniero donde te encuentres te recuerdo.*

***A mi Amigo el Ingeniero Gustavo Lara Sánchez:***

*Por su apoyo incondicional siempre en las buenas y las malas, siempre serás la persona que sin interés alguno siempre me apoyo y guio para lograr la superación y los objetivos que siempre logre, gracias a tu confianza y amistad que siempre me demostraste, mi familia y yo siempre te lo agradeceremos, que dios te bendiga. Gracias.*

***Al M.C. Modesto Colín Rico***

*Por su valioso apoyo que siempre recibí de usted para lograr la culminación de mi licenciatura y trabajo de tesis. Gracias maestro.*

***Al Ingeniero Martin Tocouch:***

*Por el apoyo en el trabajo de tesis y por los conocimientos que me transmitió acerca de este trabajo, gracias ingeniero.*

***A mis Compañeros y Amigos de Trabajo:***

*Beto, Rodolfo, Melquiades, Pancho, Adrián, Germán, Piloncito (+), Polo y Bocho*

*Por su amistad y apoyo que siempre demostraron muchas gracias amigos*

## INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
INDICE DE CONTENIDO .....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos .....	2
1.2 Hipótesis .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Biofertilizantes.....	4
2.1.1 Impacto de los Biofertilizantes en México .....	4
2.2 Concepto de Semilla .....	5
2.2.1 Los principales componentes de la semilla son: .....	6
2.3 Germinación.....	6
2.4 Tratamiento de Semillas en la Alimentación Mundial .....	7
2.5 Contaminación Ambiental por Agroquímicos.....	9
2.6 Cultivo de Maíz.....	11
2.7 El Cultivo de Sorgo.....	12
2.8 Cultivo de la Cebada .....	13
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
3.1 Localización del Experimento .....	15
3.2 Material Genético Utilizado .....	16
3.3 Materiales Utilizados .....	16
3.5 Descripción de Tratamientos .....	18
3.6 Establecimiento del Experimento .....	19
3.7 Tratamiento de la Semilla .....	20
3.8 Variables Evaluadas .....	20
3.8.1 Porcentaje de Germinación (PG) .....	21

3.8.2 Índice de Velocidad de Emergencia (IVE) .....	21
3.8.3 Altura de Plántula (AP).....	21
3.8.4 Longitud de Raíz (LR) .....	21
3.8.5 Peso Seco de Raíz (PSR) .....	21
3.8.6 Peso Seco de Plántula (PSP).....	22
3.9 Diseño Experimental .....	22
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>23</b>
4.1 Porcentaje de Germinación .....	23
4.2 Índice de Velocidad de Emergencia.....	24
4.3 Altura de Plantula .....	26
4.4 Longitud de Raíz.....	27
4.5 Peso Seco de Raíz .....	28
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>34</b>
<b>APÉNDICE .....</b>	<b>43</b>



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Área de Invernaderos, Localizada en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2. Siembra de Diferentes Materiales (cebada, maíz y sorgo) .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 3. Medias para la Variable Porcentaje de Germinación (%).....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 4. Medias para la Variable Índice de Velocidad de Emergencia (IVE).....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 5. Medias para la Variable Altura de Plantula. ....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 6. Medias para la Variable Longitud de Raíz. ....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 7. Medias Para la Variable Peso Seco de Raíz. ....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 8. Medias para la Variable Peso Seco de Plantula.....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1. Composición Porcentual de BIOMATRIX TS-HE<sup>MR</sup> .....</b>	<b>17</b>
<b>Cuadro 2. Descripción de Tratamientos.....</b>	<b>18</b>
<b>Cuadro 3. Descripción de Factores. ....</b>	<b>19</b>
<b>Cuadro 4. Valores Promedio para la Variable Porcentaje de Germinación (%).....</b>	<b>24</b>
<b>Cuadro 5. Valores Promedio para la Variable Índice de Velocidad de Emergencia.....</b>	<b>25</b>
<b>Cuadro 6. Valores Promedio para Variable Altura de Plantula (cm).....</b>	<b>26</b>
<b>Cuadro 7. Valores Promedio para la Variable Longitud de Raíz (cm). ....</b>	<b>28</b>
<b>Cuadro 8. Valores Promedio para la Variable Peso Seco de Raíz (gr).....</b>	<b>29</b>
<b>Cuadro 9. Valores Promedio para la Variable Peso Seco Plantula (gr). ....</b>	<b>30</b>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el área de invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se utilizó semilla de tres diferentes cultivos como maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), y sorgo (*Sorghum bicolor*), con el objetivo de evaluar el efecto que el producto biomatrix ts-he, el cual es a base de un complejo de biofertilizante y biopesticida para tratamiento de semillas, que al ser aplicado a las semillas de las gramíneas, estimula la germinación, emergencia y coadyuva en la protección de cultivos a hongos, bacterias y plagas del suelo.

El experimento se estableció en una cama de siembra de 3m de largo por 1m de ancho localizada en el invernadero número 1 de dicha área, esta se dividió en 6 bloques de 50 cm por 35 cm, para la siembra de tres cultivos a nivel de plántula con dos tratamientos y tres repeticiones. Dos bloques para cada cultivo, de estos se sembraron 100 semillas por bloque uno con semilla tratada y el otro con semilla sin tratar 200 semillas por cultivo, en cada bloque se realizó la división para tres repeticiones de las cuales se tomaron datos a los 15 días después de la siembra de las variables: porcentaje de germinación, índice de velocidad de emergencia, y a los 16 días después de la siembra, altura de plántula, longitud de radícula, y una vez seco el material se tomó peso seco de tallo, peso seco de raíz, de solo 10 plantas como unidades experimentales.

Si bien hubo tendencias notorias en la mayoría de las variables en estudio, en ninguna de éstas fue estadísticamente diferente. Sin embargo, la mayor parte tuvieron un comportamiento más eficaz, por lo que se puede afirmar que con la aplicación de este fertilizante biológico podemos obtener resultados favorables. Solo en las variables porcentaje de germinación y altura de planta no mostró respuesta al producto (biofertilizante biológico), pero para la variable peso seco de tallo se encontró que existe significancia al 5% en la aplicación de biofertilizante.

Es decir, hay diferencia a la respuesta de las plántulas de semillas inoculadas en los tres cultivos, con tendencias de mayor asimilación de materia seca, así

como también para la variable peso seco de raíz; en ningún cultivo fue mejor el testigo (semilla sin inocular), por lo tanto la mayoría de los parámetros evaluados a los cultivos con semillas inoculadas con el biofertilizante mostraron un comportamiento mejor con medias numéricamente superiores que el testigo (semilla sin inocular).

**Palabras clave:** Fertilización biológica, coadyuvante en la germinación, inoculante.

## I. INTRODUCCIÓN

En el mundo desarrollado, la agricultura depende en gran medida del uso de fertilizantes químicos y pesticidas para mantener sus altas producciones agrícolas, sin tener en cuenta los terribles daños que éstos pueden ocasionar y seguir afectando el ciclo global del nitrógeno, El nitrógeno es el nutrimento aplicado más extensivamente como fertilizante, seguido por el fósforo y potasio. Los fertilizantes nitrogenados se caracterizan por su baja eficiencia en su uso por los cultivos, misma que puede ser menor al 50% (Keeney, 1982), lo que trae como consecuencia un impacto ambiental adverso, tal como contaminación de mantos acuíferos con  $\text{NO}_3^-$ , eutrofización, lluvia ácida y calentamiento global (Ramanathan, *et al.*, 1985). La roca fosfórica, que es la materia prima de los fertilizantes fosforados, tiene cantidades importantes de cadmio dependiendo del tipo de roca (Gilliam, *et al.*, 1985) y el uso continuo de este fertilizante induce la acumulación en el suelo de cadmio, elemento que es indeseable por su riesgo de toxicidad en plantas y animales (Mengel y Kirkby, 1982).

Otro problema no menos importante es la contaminación de aguas superficiales y subterráneas con nitratos y la emisión de gases de nitrógeno a la atmósfera ( $\text{NO}$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ) que es consecuencia del uso inadecuado de fertilizantes nitrogenados (Castellanos y Pena-Cabriales, 1990; Gilliam *et al.*, 1985) y de la aplicación de láminas inapropiadas de agua de riego, y asociado a esto, está el riesgo de acumulación de nitratos en frutos y verduras comestibles, así como en acuíferos, lo cual es de alto riesgo para la salud humana cuando la concentración de  $\text{NO}_3^-$  supera el 0.2% en las partes comestibles de las plantas como frutos de hortalizas o verduras y en agua potable llega a 10 ppm (Malakouti, *et al.*, 1999).

Existen algunas especies de microorganismos que poseen la habilidad de convertir el dinitrógeno atmosférico ( $\text{N}_2$ ) a amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) mediante la acción de la enzima nitrogenasa. Estas especies son denominados diazótrofos y requieren de energía para realizar su metabolismo. Dentro de los diazótrofos capaces de realizar este proceso se encuentran los denominados fijadores de

vida libre, los cuales fijan N<sub>2</sub> atmosférico sin la cooperación de otras formas vivas, siendo la familia Azotobacteriaceae la que agrupa uno de los géneros más importantes utilizados en la biofertilización a diferentes cultivos. El género Azotobacter es uno de los microorganismos utilizados como biofertilizantes que más se aplica e investiga en Cuba. Sus propiedades beneficiosas se ponen de manifiesto en una gran variedad de hortalizas, granos y viandas (Mayea *et al.*, 1998). FAO (1995) reporta que este se considera de menor importancia agrícola por incorporar modestas cantidades de nitrógeno al suelo, Bhattacharya y Chaudhuri (1993) reportan que es capaz de fijar de 20 a 30 kg. De N ha<sup>-1</sup> año, pero tanto Azotobacter como Azospirillum en determinadas condiciones su efecto beneficioso no se debe solamente a la cantidad de N<sub>2</sub> atmosférico fijado, sino a la capacidad de producir vitaminas y sustancias estimuladoras del crecimiento (ácido indolacético, ácido giberélico, citoquinas y vitaminas) que influyen directamente en el desarrollo vegetal (Rodelas, 2001).

Otro grupo de microorganismos que se convierten en fijadores de N<sub>2</sub> cuando viven en asociaciones simbióticas con organismos superiores de vida son las bacterias pertenecientes al género Rhizobium, las cuales establecen relaciones simbióticas con plantas leguminosas (Bauer, 2001).

Actualmente se tiene mayor conciencia social sobre la explotación racional de los recursos naturales, al haberse demostrado la importancia de las relaciones entre los organismos, que favorecen el desarrollo de tecnologías de producción menos contaminantes y ecológicamente más racionales, como el uso de microorganismos benéficos del suelo en la agricultura sustentable. Estos microorganismos benéficos desarrollan sus funciones bajo influencia de las raíces de las plantas, al ser utilizados como biofertilizantes (Medina *et al.*, 2009).

## **1.1 Objetivos**

Conocer el efecto de biomatrix ts-he en la emergencia de semillas de maíz, cebada y sorgo. Así como en el desarrollo de plántula.

Determinar la diferencia entre las semillas tratadas y las que no se trataron en cuanto a emergencia y desarrollo de plántula.

## **1.2 Hipótesis**

El uso de biofertilizantes a base de microorganismos benéficos, proporciona un efecto positivo tanto en la emergencia como en el crecimiento inicial

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Biofertilizantes

La interpretación del término biofertilizante es muy amplia, representando desde microorganismos, abonos verdes y estiércoles, hasta extractos de plantas. De manera sintetizada, podemos decir que son productos que contienen microorganismos, que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis con las plantas y le ayudan a su nutrición y protección (Vessey, 2003). Estos microorganismos se encuentran de forma natural en el suelo y abarcan diversos grupos; sin embargo, su población es afectada por el manejo de suelo y uso excesivo de agroquímicos (Caballero-Mellado *et al*, 1992; Grageda-Cabrera *et al.*, 2003).

Desde el siglo XVIII se inocularon hongos en plántulas de encino para incrementar la producción de trufas, que son hongos que tienen alto valor económico por su enorme importancia gastronómica. Las trufas eran colocadas en los "cajetes" donde las plántulas de los encinos eran sembradas. Esto ocurrió mucho antes de que en 1885 se acuñara el vocablo "micorriza" (Smith y Read, 1997).

#### 2.1.1 Impacto de los Biofertilizantes en México

En México el mayor impacto de los biofertilizantes fue en los años 70's y 80's con la fijación biológica de nitrógeno en soya y garbanzo, donde se logró sustituir la fertilización nitrogenada en Sinaloa que en ese tiempo fue el principal productor nacional de estas leguminosas (Armenta-Bojorquez, 1986; 1990), la utilización de inoculantes comerciales a base de *Rhizobium* fue una práctica generalizada por los 8 productores agrícolas, además de ser recomendada por los centros de investigación (INIFAP, 1990).



En México, las aplicaciones de los hongos endomicorrízicos y las bacterias fijadoras de nitrógeno en las semillas para siembra de maíz, frijol, soya, trigo, sorgo, avena y cebada han favorecido el desarrollo vegetal y reproductivo en los campos de productores (Aguirre-Medina 2006), además en el tejido vegetal y el grano, se ha identificado mayor concentración de nitrógeno y fósforo (Aguirre-Medina 2006, Aguirre-Medina *et al.* 2007).

El propósito de este trabajo es determinar en qué medida influye la aplicación del producto biomatrix ts-he, en la germinación y desarrollo de plántula en maíz, cebada, y sorgo respectivamente.

## **2.2 Concepto de Semilla**

(FAO, 1991). La semilla es la unidad reproductiva que se desarrolla a partir de un óvulo, generalmente una vez que éste ha sido fecundado, se forma en el ovario de la flor y se desarrolla para formar el fruto.

(FAO, 1991).) Menciona que la semilla es el embrión de la planta que ha alcanzado la madurez y se encuentra en estado de vida latente y ésta puede permanecer en éste estado durante mucho tiempo hasta que la semilla encuentre las condiciones ambientales adecuadas, para iniciar el proceso de germinación.

Moreno (1996) desde el punto de vista agronómico y comercial, se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas que se emplean en las siembras agrícolas y desde el punto de vista botánico, una semilla verdadera es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutricional y protegido por el episperma.

(Patiño *et al.*, 1983). Las características morfológicas de la semilla como el tamaño, color y forma son propias de cada especie y difieren aún entre variedades.

(Fernández, 2002). La semilla está compuesta de tres partes básicas: el embrión, los tejidos de almacenamiento de alimentos y la cubierta que da protección.

### **2.2.1 Los principales componentes de la semilla son:**

Cubierta seminal o testa (que le confiere protección); endospermo (reservas de nutrientes) y embrión (óvulo fecundado), en las gramíneas se distingue también la aleurona (capas de células vivas que rodean la semilla por debajo de la testa). Mientras que externamente se distinguen: el micrópilo (perforación que comunica la semilla con el exterior), el funículo (tejido vascular que conecta al óvulo con la placenta, útil para paso de agua y nutrientes) y el hilo o hilio (cicatriz que queda al desprenderse el funículo) (Antón *et al.*, 2005).

En el embrión la parte basal del eje dará lugar a la radícula y del extremo apical de dicho eje saldrá el tallo. El hipocotilo es la zona situada por debajo del punto de inserción de los cotiledones y se prolonga hasta el cuello de la radícula; la parte del tallo que queda por encima de los cotiledones se conoce como epicotilo, el cual una vez germinada la semilla pasa a denominarse plúmula. Los cotiledones son hojas embrionarias, constituyendo una fuente de reserva (pudiendo o no realizar fotosíntesis) (Antón *et al.*, 2005).

### **2.3 Germinación**

La germinación consiste en la reanudación del crecimiento del embrión, el cual ha permanecido en estado latente durante determinado tiempo. Dicho proceso se hace aparente cuando la radícula ha roto los tejidos de protección y la nueva planta ha comenzado a crecer y a desarrollarse (Moreno, 1996).

Las semillas muertas o en proceso de muerte se caracterizan por una declinación gradual del vigor y en áreas localizadas de la cubierta pueden

aparecer necrosis o lesiones, pero la diferencia entre una semilla viva y una muerta no siempre puede ser percibida. La viabilidad puede expresarse como el porcentaje de germinación, que indica el número de plantas producidas por un número de semillas. La germinación rápida, el vigor de la semilla y las plántulas, son atributos importantes de calidad. La baja germinación puede deberse a las propiedades genéticas de los cultivares, desarrollo incompleto en la planta, daños durante la cosecha, procesamiento inadecuado, almacenamiento impropio, enfermedades y envejecimiento. Por lo general, la pérdida de viabilidad va precedida por un periodo de declinación del vigor (Heydeker, - Baki, McDonald y Delouche citados por Hartman y Kester, 1999).

El objetivo de las pruebas de germinación es obtener información con respecto a la capacidad de las semillas para producir plántulas normales. Además estas permiten hacer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma especie (Moreno, 1996).

Amen (1963), define la germinación como el proceso de reactivación de la maquinaria metabólica de la semilla, junto con la emergencia de la radícula (raíz) y plúmula (tallo), conducentes a la producción de una plántula.

Según Ruíz *et al* (1962) la germinación termina en el momento en que la planta nueva prevista de clorofila y de los órganos necesarios, es autosuficiente.

El ISTA (1985) afirma que para los trabajos de ensayos de semillas, la germinación es la emergencia y desarrollo a partir del embrión, de aquellas estructuras esenciales que son indicadoras de la habilidad para producir una plántula normal bajo condiciones favorables.

## **2.4 Tratamiento de Semillas en la Alimentación Mundial**

El tratamiento de semillas es la aplicación de técnicas y agentes biológicos, físicos y químicos, que proveen a la semilla y a la planta protección frente al ataque de insectos y enfermedades transmisibles por semilla así como

frente a aquellas que atacan en etapas tempranas del cultivo y que provocan consecuencias devastadoras en la producción de los cultivos cuando no son controladas. Los productos para el tratamiento de semillas y su uso, han jugado un rol significativo en la historia de la humanidad y en la capacidad de desterrar el hambre y promover el establecimiento de cultivos sanos y con mayores rendimientos.

Los primeros tratamientos de semillas se remontan a la época de los romanos y los egipcios y consistían en el uso de savia de cebolla (*Allium spp.*). En la edad media, las semillas eran tratadas con estiércol líquido y sales de cloro. Los tratamientos con aguas saladas han sido utilizados hasta mediados del siglo XVII y los primeros productos clorados fueron introducidos alrededor de 1750. La tecnología en uso aún hoy de los tratamientos con agua caliente está documentada desde 1765 en Wittenberg, Alemania. Las semillas eran colocadas en agua a 45°C por 2 horas, lo que proveía el control de ciertos patógenos superficiales.

La industria semillera está continuamente en un proceso de transición y de desarrollo. Los dos hitos en la historia de los tratamientos modernos de semillas fueron la introducción y posterior prohibición del arsénico (utilizado desde 1740 hasta 1808) y la introducción y prohibición del mercurio (usado desde 1915 hasta 1982). Hasta el lanzamiento del primer producto sistémico en 1960, los tratamientos de semillas habían sido sólo esterilizantes y no se traslocaban a través de la planta. Durante la década de 1970, se introdujo el primer producto fungicida sistémico para patógenos aéreos. En la década de 1990, se produjo el lanzamiento de nuevos y modernos fungicidas e insecticidas.

La industria semillera tiene una larga historia no sólo de tratamiento de semillas sino de un amplio manejo de semillas tratadas. Ya desde 1786, existe documentación sobre la prohibición de utilizar semillas tratadas para molienda y alimentación animal. Esto es comprensible si se toma en cuenta la popularidad que tenía el arsénico. Hoy, el manejo de semillas de descarte tratadas, de

envases vacíos y de aguas de desecho es un tema prioritario para la industria del tratamiento de semillas y para los semilleros.

La industria semillera y de productos para el tratamiento de semillas tiene una larga historia de trabajo en conjunto para brindar al agricultor semillas de alta calidad. La semilla no está solamente tan libre de plagas y enfermedades como es posible, sino que al ser tratada posibilita el control de enfermedades y plagas, cuando es necesario, durante la germinación y emergencia de las plántulas y durante el periodo temprano de crecimiento del cultivo.

El objetivo de los productos modernos para el tratamiento de semillas es mejorar el control de ciertos insectos y enfermedades, incrementando la seguridad de los cultivos, a través del correcto establecimiento de plantas sanas y vigorosas. Las formulaciones de los tratamientos modernos de semillas deben contribuir también a incrementar la seguridad de los trabajadores y agricultores y la administración del medio ambiente. Citado por el Comité de medio ambiente y tratamiento de semillas de la Federación Internacional de Semillas.

## **2.5 Contaminación Ambiental por Agroquímicos**

Para la FAO (2002) la contaminación de las aguas subterráneas por los productos y residuos agroquímicos es uno de los problemas más importantes en casi todos los países desarrollados y, cada vez más, en muchos países en desarrollo.

Este mismo organismo indica que 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 antes de que puedan ser absorbidos. Los excesos de nitrógeno y fosfatos pueden infiltrarse en las aguas subterráneas o ser arrastrados a cuerpos de agua. Esta sobrecarga de nutrientes provoca la eutrofización.

Los fertilizantes químicos, en particular los nitrogenados, se caracterizan por el bajo índice de aprovechamiento que tienen las plantas de ellos. se estima

que del fertilizante químico que se aplica en el suelo solo es aprovechado entre 30 y 40%, el resto se desperdicia ya que se filtra para contaminar los mantos freáticos, se escurre para contaminar ríos y cuerpos de agua o se pierden como gases contaminantes a la atmósfera, contribuyendo a la destrucción de las capas de ozono y al calentamiento de la tierra (Morales, 2008).

Además la FAO (2002) expone que el uso de 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. Además su uso se ha visto incrementado a lo largo de los últimos 35 años, alcanzando tasas de crecimiento del 4 al 5.4% en algunas regiones.

Igualmente señala que a medida que aumente la preocupación por la contaminación y la pérdida de biodiversidad, el uso futuro de plaguicidas puede crecer más lentamente, y en países desarrollados, su uso se restringe cada vez más mediante leyes e impuestos. Además, su uso será frenado por la creciente demanda de cultivos orgánicos, producidos sin la adición de productos químicos. Es probable que en el futuro aumente el uso de plaguicidas “inteligentes”, variedades de cultivos resistentes y métodos ecológicos de control de plagas.

En México la UNAM constituyó el Centro de Investigación sobre fijación de nitrógeno, que tomó este tema como eje de sus investigaciones científicas. En los años noventa, este Centro ya había construido un prestigio y reconocimiento mundial en materia de biofertilizantes, incluso logró patentar internacionalmente el *Rhizobium etil*, específico para el frijol, que tiene la capacidad de fijar 100% más nitrógeno atmosférico para la alimentación de esa planta.

Por otro lado este Centro fue de los primeros en el mundo que iniciaron los trabajos de investigación sobre la bacteria *Azospirillum brasilense*, que tiene efecto en gran Variedad de cultivos, acumulando un conocimiento amplio y sólido sobre esta bacteria, que lo colocan a la vanguardia mundial.

Aunque esto ocasionó una contrariedad del poco interés que en este país merece la investigación, ya que contando con un centro de investigación reconocido y ponderado en el mundo como vanguardia en el tema de los biofertilizantes, éstos eran desconocidos en el país.

Sin embargo por una situación un tanto fortuita, la máxima autoridad gubernamental en materia agrícola conoce de los trabajos del Centro de Investigación sobre la fijación de Nitrógeno, con relación de los biofertilizantes, se despierta su interés en difundirlos en el agro nacional, y establece un convenio con este Centro. Así, estos biofertilizantes fueron aplicados masivamente en el país. En 1999 y 2000 fueron incorporados al programa de Alianza para el campo, de la SAGARPA, y se utilizaron en cerca de tres millones de hectáreas en los más diversos cultivos en el territorio nacional. El seguimiento y evaluación de este programa estuvo a cargo del INIFAP. Los resultados obtenidos fueron altamente significativos en referencia a los testigos de promedios nacionales. Todo indicaba que México se incorporaba a la era de los biofertilizantes.

## **2.6 Cultivo de Maíz**

El maíz constituye, la base de la alimentación de los mexicanos. Su producción se desarrolla en aproximadamente 7.5 millones de hectáreas, de las cuales seis corresponden a zonas de temporal con altos riesgos de siniestralidad, relacionados principalmente con los cambios climáticos como las sequías y heladas atípicas.

Para mejorar sus rendimientos, es necesario fertilizar y aprovechar al máximo los suelos, pero para llevar a cabo una fertilización sin causar daños a

los suelos y medio ambiente como se ha demostrado, se sugiere fertilizar, como en varios estudios han revelado rendimientos redituables en cultivos de maíz.

Diversos estudios demuestran la factibilidad de mejorar el comportamiento agronómico del maíz mediante el uso de biofertilizante (Fallik y Okon 1996a; Fulchieri y Frioni, 1994; Purcino *et al.*, 1996) desde la reducción del tiempo de germinación y aumento de los porcentajes de germinación y establecimiento de las plántulas hasta incrementos sustanciales en los rendimientos finales del cultivo. Se menciona que del 13 al 20 por ciento del contenido de nitrógeno en maíz puede ser atribuido a la actividad fijadora de nitrógeno de bacterias tales como *Azotobacter* (Soliman y Abdel Monem, 1994).

Estudios realizados en plantas de maíz biofertilizadas con *Azospirillum brasilense* (Woodward y Bly, 2000) y *Pseudomonas fluorescens* (Shaharoon *et al.*, 2006) muestran que los mayores incrementos en este cultivo por efecto de la inoculación se observaron en parcelas con dosis de fertilización nitrogenada subóptimas.

Santillana (2006) encontró que plantas de maíz, inoculadas con tres dosis de *Pseudomonas sp.* Mostraron un mayor desarrollo de vástago y raíz que las plantas control no inoculado.

Nezarat and Gholami (2009) encontraron, por su parte, incrementos de hasta 18.5 por ciento en la germinación de maíz inoculado con diversas cepas de *Pseudomonas* y *Azospirillum*.

## **2.7 El Cultivo de Sorgo**

También un cultivo forrajero fuerte en México, presenta la misma situación ante los suelos pobres en nutrientes, tan solo en primavera – verano 2005, de 241 mil 154 hectáreas sembradas con sorgo solo se cosecharon 42 mil 115, con rendimientos de 1.06 toneladas por hectárea (SAGARPA, 2006).



La inoculación con *A. brasilense* es altamente benéfica en gramíneas como: maíz, caña de azúcar, pastos y sorgo, pues aporta de 30 a 50% de los requerimientos de nitrógeno de dichos cultivos (Martínez- Morales *et al.*, 2003; Vivíene *et al.*, 2004).

La inoculación con hongos micorrizicos arbusculares ha mejorado la productividad de diversos cultivos en condiciones de estrés hídrico (Al- Karaki y Clark 1998; Kaya *et al.*, 2003; Al- Karaki *et al.* 2004; Diaz- Moreno *et al.* 2007).

El impacto de la colonización de hongos micorrizicos arbusculares se ha manifestado en un mejor aprovechamiento de agua y de los nutrientes inmóviles del suelo como fósforo, zinc y cobre, en el incremento de longitud y profundidad radical y el desarrollo de hifas externas.

Además la colonización de hongos micorrizicos arbusculares ha favorecido la acción protectora contra algunos patógenos del suelo (Alarcón y Ferrera- Cerrato 2000; Jeffries *et al.* 2003).

## **2.8 Cultivo de la Cebada**

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es la principal materia prima de la industria cervecera. Del grano se extrae la malta que se requiere para la fabricación de cerveza, existiendo, en menor proporción, el cultivo de la cebada para la producción de forraje. En nuestro país, la producción de cebada para grano ocupa el séptimo lugar en importancia y su cultivo es practicado en alguno de los dos ciclos del año en 23 Estados de la República (SAGARPA, 2006). La cebada se adapta a diversos tipos de suelo, en general, se desarrolla bien en suelos ligeros bien drenados y en migajones con buena fertilidad. La textura óptima es de tipo franco (medio) y migajón-arenosa. Le favorecen suelos de textura media (FAO, 1994). Para un buen desarrollo radical, son suficientes 30 cm de profundidad de suelo. Es un cultivo altamente tolerante a la salinidad y muy tolerante a suelos alcalinos pero no a suelos ácidos. Se desarrolla en un rango de pH de 6.5 a 8.0 (Moreno, 1992).

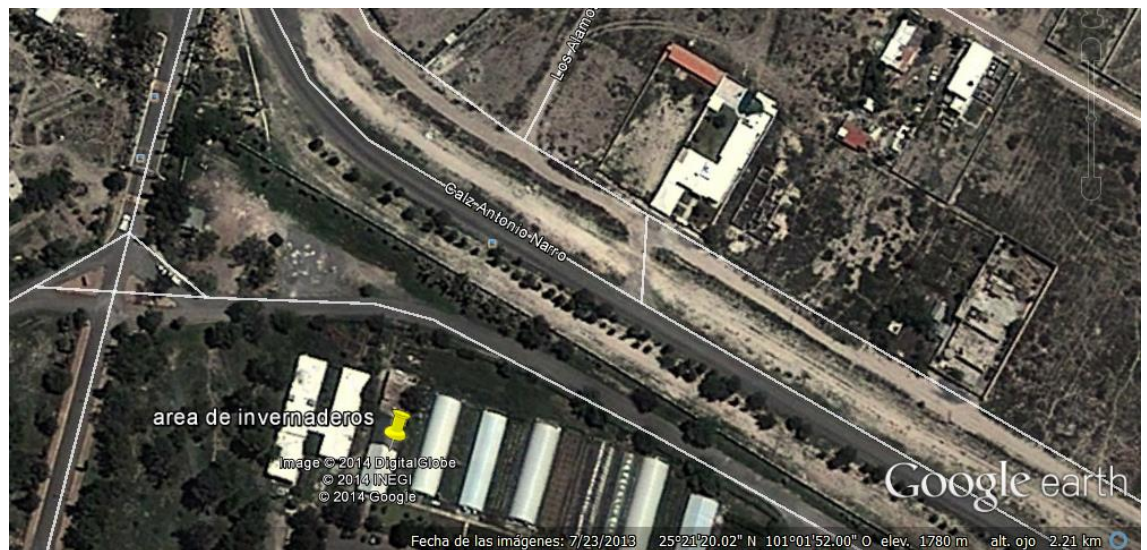
Existen evidencias del efecto benéfico de rizobacterias y hongos micorrízicos que habitan en la rizosfera de las plantas, los cuales favorecen el desarrollo de los cultivos. El INIFAP ha desarrollado técnicas de biofertilización basadas en estos microorganismos para el cultivo de la cebada, en condiciones de temporal deficiente. Con la tecnología validada es posible incrementar el rendimiento de grano de cebada hasta en 34%, y reducir los costos de producción hasta en 30%. El uso del multiarado en la preparación del terreno (en vez de utilizar el barbecho tradicional), siembra a doble hilera (en lugar de sembrar al voleo) y aplicación de biofertilizantes, utilizando micorriza (*Glomus intraradices*) y la bacteria INI-1R2 al momento de la siembra.

Con relación a los biofertilizantes a base de hongos formadores de micorrizas y bacterias promotoras del crecimiento vegetal, su uso favorece la producción de cebada en condiciones de temporal deficiente.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización del Experimento

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en el área de invernaderos, localizada en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el invernadero #1 de la subdirección de operación de proyectos, ubicada en Buenavista Saltillo Coahuila, México, durante el semestre Agosto – Diciembre del 2013.



**Figura 1.** Área de Invernaderos, Localizada en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Análisis de datos

Este se realizó con el programa SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2004).

Del cual se obtuvo el análisis de varianza (ANVA).

### **3.2 Material Genético Utilizado**

Se utilizó semilla criolla de maíz (*Zea mays*), una variedad comercial de cebada forrajera (*Hordeum vulgare*), y un híbrido comercial de sorgo (*Sorghum bicolor*), con el objetivo de evaluar el efecto que el producto biomatrix ts-he<sup>MR</sup>, a base de un complejo de biofertilizante y biopesticida para tratamiento de semillas, que al ser aplicado a las semillas de las gramíneas, estimula la germinación, emergencia y coadyuva en la protección de cultivos a hongos, bacterias y plagas del suelo.

### **3.3 Materiales Utilizados**

- Semilla de maíz, sorgo y cebada
- Suelo franco arenoso esterilizado
- Producto ( biomatrix TS-HE<sup>MR</sup>)
- Regla métrica.
- Balanza analítica
- Regadera para jardín
- Cloro
- Marcador
- Etiquetas
- Cuaderno de notas

### **3.4 Descripción del Producto**

**ANÁLISIS GARANTIZADO:**

**Cuadro 1.** Composición Porcentual de BIOMATRIX TS-HE<sup>MR</sup>

	<b>Porcentaje en peso</b>
Complejo de endomicorrizas vesiculares arbusculares	20 esporas/g
<i>Azotobacter spp</i>	1 x 10 <sup>5</sup> ufc/g
<i>Azospirillum brasiliensis</i>	1 x 10 <sup>5</sup> ufc/g
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1 x 10 <sup>5</sup> ufc/g
<i>Bacillus spp</i>	1 x 10 <sup>5</sup> ufc/g
<i>Beauveria bassiana</i>	1 x 10 <sup>5</sup> ufc/g
<i>Metarhizium anisopliae</i>	1 x 10 <sup>5</sup> ufc/g
Humatos de potasio	20.00%
Sulfato ferroso	5.00%
Arcilla micronizada (vehículo)	74.99%
Total	100.00%

#### Información General.

Biomatrix TS-HE<sup>MR</sup> es un complejo biofertilizante y de bioprotección único en el mercado, a base de un complejo de hongos micorrízicos y entomopatógenos, así como rizobacterias, los cuales estimulan la germinación, emergencia y coadyuvan en la protección de cultivos a hongos, bacterias y plagas de suelo. Biomatrix TS-HE<sup>MR</sup> puede ser aplicado directamente a la semilla, y además puede ser empleado para el enriquecimiento de compostas sólidas y líquidas. La inoculación de la semilla facilita el transporte de todos los componentes biológicos del producto hasta la rizósfera, para ejercer las acciones correspondientes de cada microorganismo en suelo y raíz. Las endomicorrizas favorecen la disponibilidad y solubilización de P, Mg, Zn, Cu,

Mn; las bacterias Azotobacter y Azospirillum fijan N<sub>2</sub>; Azotobacter, Pseudomonas y Bacillus del mismo modo facilitan la solubilización de fosfatos; mientras que Pseudomonas y Bacillus coadyuvan a la protección de las raíces a enfermedades del suelo y finalmente Beauveria y Metarhizium coadyuvan al control de plagas del suelo.

### 3.5 Descripción de Tratamientos

El trabajo consistió en el establecimiento del experimento en una cama de siembra que mide 3m de largo por 1m de ancho y 10 cm de espesor de sustrato, localizada en el invernadero número 1, se realizaron 6 bloques de 50 cm por 35 cm, para la siembra de tres cultivos a nivel de plántula, con dos tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Dos bloques para cada cultivo, de estos se sembraron 100 semillas por bloque, uno con semilla tratada y el otro con semilla sin tratar 200 semillas por cultivo, en cada bloque se realizó la división para tres repeticiones de las cuáles se tomaron datos de diez plantas representativas para las variables siguientes: porcentaje de germinación, índice de velocidad de emergencia, altura de plántula, longitud de radícula, peso seco de raíz y peso seco de tallo.

**Cuadro 2.** Descripción de Tratamientos.

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>1</b>	Semilla sin tratar
<b>2</b>	Semilla tratada

**Cuadro 3.** Descripción de Factores.

<b>Factor A cultivos</b>	<b>Factor B Fertilización</b>
<b>1 Cebada</b>	<b>T1 semilla no tratada T2 semilla tratada</b>
<b>2 Maíz</b>	<b>T1 semilla no tratada T2 semilla tratada</b>
<b>3 sorgo</b>	<b>T1 semilla no tratada T2 semilla tratada</b>

### 3.6 Establecimiento del Experimento

#### Procedimiento

El experimento realizado, comenzó con la recolección y cernido del sustrato necesario para preparar la cama donde se realizó el trabajo experimental.



**Figura 2.** Siembra de diferentes materiales (Cebada, Maíz y Sorgo)

### **3.7 Tratamiento de la Semilla**

Se realizó la limpieza de la semilla de las tres especies eliminando semillas quebradas, vanas e impurezas o materia inerte, después se humedeció la semilla y se procedió a inoculación con el producto biomatrix ts- he a razón de 20 gramos por kilogramo de semilla.

Una vez inoculada las semilla se procede a sembrarlas la cual se sembró a una distancia entre plantas de 1cm con profundidad de 2 cm.

Se observó que en cuatro días iniciaba la germinación de las primeras plántulas: primero cebada, posteriormente, maíz y al final sorgo.

De ahí en adelante se tomaron datos diarios de emergencia en los diferentes bloques, así durante 15 días después de la siembra en los cultivos de cebada, maíz y sorgo, para determinar el índice de velocidad de emergencia y porcentaje de germinación.

Después se extrajo la planta con cepellón, para quitarle las impurezas hasta que este quede libre de sustrato; cuidando el no dañar la plántula y evitar la pérdida de dicho material vegetativo. Después de haber eliminado las impurezas del material vegetativo, a los 16 días después de la siembra se midió con una regla métrica y se separó en tallo y raíz, los cuales fueron pesados posteriormente por separado, una vez ya secados al ambiente.

### **3.8 Variables Evaluadas**

- Porcentaje de Germinación (PG)
- Índice de Velocidad de Emergencia (IVE)
- Altura de Plántula (AP)
- Longitud de Radícula (LR)
- Peso Seco de Planta(PSP)



- **Peso Seco de Raíz (PSR).**

### **3.8.1 Porcentaje de Germinación (PG)**

Se tomó el Porcentaje de semillas germinadas hasta los 15 días después de la siembra y fue reportado en porcentaje.

### **3.8.2 Índice de Velocidad de Emergencia (IVE)**

Es la sumatoria del número de las plantas emergidas en cada conteo diario una vez iniciada la germinación entre el número de días después de la siembra (15 días) por 100.

### **3.8.3 Altura de Plántula (AP)**

Para la medición de esta variable se utilizó una regla métrica y se midió la altura en centímetros desde la base del tallo hasta el ápice de la planta.

### **3.8.4 Longitud de Raíz (LR)**

Se midió con una regla métrica Desde la base hasta el ápice de la raíz principal más larga. Su medición fue en centímetros.

### **3.8.5 Peso Seco de Raíz (PSR)**

Una vez que se hizo la medición de altura de planta y longitud de raíz se puso a secar la raíz y se procedió a pesarla en una balanza analítica tomando la lectura en gramos.

### 3.8.6 Peso Seco de Plántula (PSP)

Se dejaron secar las plantas y se pesaron en una balanza analítica y se determinó el peso seco de la planta en gramos.

### 3.9 Diseño Experimental

Para el presente trabajo de investigación se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), con parcelas divididas con arreglo factorial (AXB) con 3 niveles en el factor A (cebada, maíz, sorgo) y 2 niveles de fertilización B (T1 y T2), con 3 repeticiones en cada uno de los tratamientos.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk};$$

Dónde:

$I = 1, 2, \dots, a$  cultivos

$J = 1, 2, \dots, b$  fertilizante

$K = 1, 2, \dots, c$  repeticiones

Dónde:

$\mu$  = media general

$I$  = repeticiones o réplicas del experimento

$\alpha_i$  = efecto del nivel  $i$ -ésimo del factor A cultivos

$\beta_j$  = efecto del nivel  $j$ -ésimo del factor B fertilizante

$\alpha\beta_{ij}$  : efecto conjunto de la interacción del  $i$ -ésimo cultivo y la  $j$ -ésima fertilización.

$\epsilon_{ijkl}$  : error experimental.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos en este estudio, así como la comprobación de la hipótesis, a continuación se verán los resultados y la discusión de los análisis estadísticos realizados a las diferentes variables agronómicas evaluadas.

### 4.1 Porcentaje de Germinación

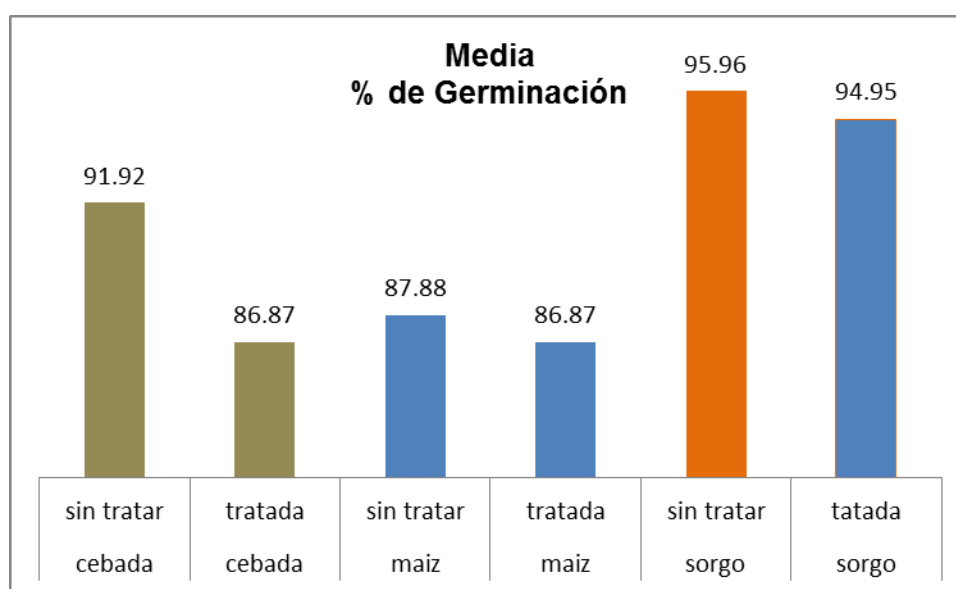
El ANVA (cuadro A.1) para esta variable nos muestra significancia al 5% para el factor A (cultivos), y no significancia para el factor B (aplicación de biofertilizante), lo que indica que hay diferencia estadística significativa en los cultivos y en cuanto a los tratamientos nos dice que son estadísticamente iguales, y además que no existe interacción en los factores AXB (dosis de biofertilizantes vs cultivos) no hay diferencia estadística entre ellos.

Mostrando un coeficiente de variación de 7.83 %, lo que nos sugiere que los datos son confiables por lo tanto podemos sacar conclusiones a partir de estos resultados.

Para esta variable no influyó la aplicación de fertilizante biológico en ninguno de los cultivos ya que las medias más altas las obtuvieron los tratamientos sin tratar la semilla (**Cuadro 4 y figura 3**).

**Cuadro 4.** Valores Promedio para la Variable Porciento de Germinación (%).

Porciento de Germinación		
Cultivos	Fertilización	Media
Cebada	sin tratar	91.92
Cebada	Tratada	86.87
Maíz	sin tratar	87.88
Maíz	Tratada	86.87
Sorgo	sin tratar	95.96
Sorgo	Tratada	94.95



**Figura 3.** Medias para la Variable Porciento de Germinación (%)

#### 4.2 Índice de Velocidad de Emergencia

El ANVA (cuadro A.2) para esta variable nos muestra alta significancia al 1% para el factor A (cultivos), y no significancia en la interacción en los factores AXB (dosis de biofertilizantes vs cultivos) no hay diferencia estadística entre ellos, así como no significativo también para el factor B (aplicación de biofertilizante), por lo tanto esto nos indica que hay diferencia altamente

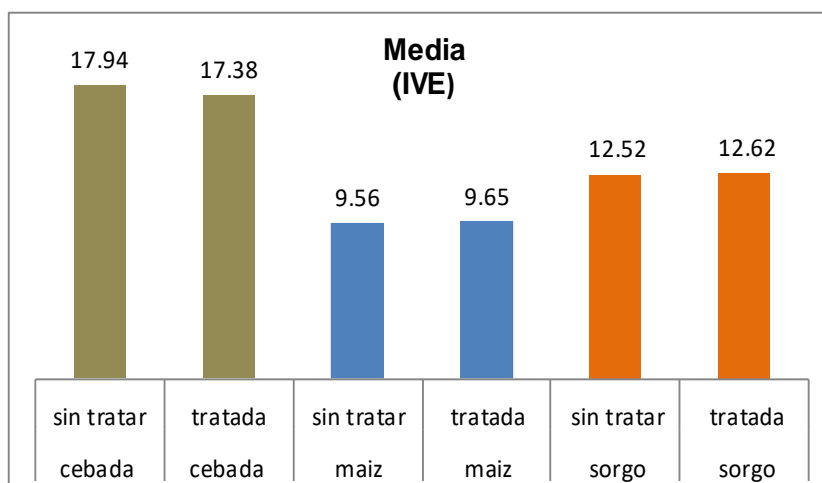
significativa en los cultivos y en cuanto a los tratamientos nos dice que son estadísticamente iguales.

Con un coeficiente de variación para la interacción que fue de 3.06 %.

Para esta variable el ANVA nos dice que no influyó estadísticamente la aplicación de fertilizante biológico en ninguno de los cultivos aunque las medias más altas numéricamente hablando se obtuvieron en dos de los tres cultivos con tratamiento de la semilla (**Cuadro 5 y figura 4**).

**Cuadro 5.** Valores Promedio para la Variable Índice de Velocidad de Emergencia.

<b>Índice de Velocidad de Emergencia</b>		
<b>Cultivo</b>	<b>Fertilización</b>	<b>Media</b>
Cebada	<b>sin tratar</b>	<b>17.94</b>
Cebada	Tratada	17.38
Maíz	sin tratar	9.56
Maíz	<b>Tratada</b>	<b>9.65</b>
Sorgo	sin tratar	12.52
Sorgo	<b>Tratada</b>	<b>12.62</b>



**Figura 4.** Medias para la Variable Índice de Velocidad de Emergencia (IVE).

### 4.3 Altura de Plántula

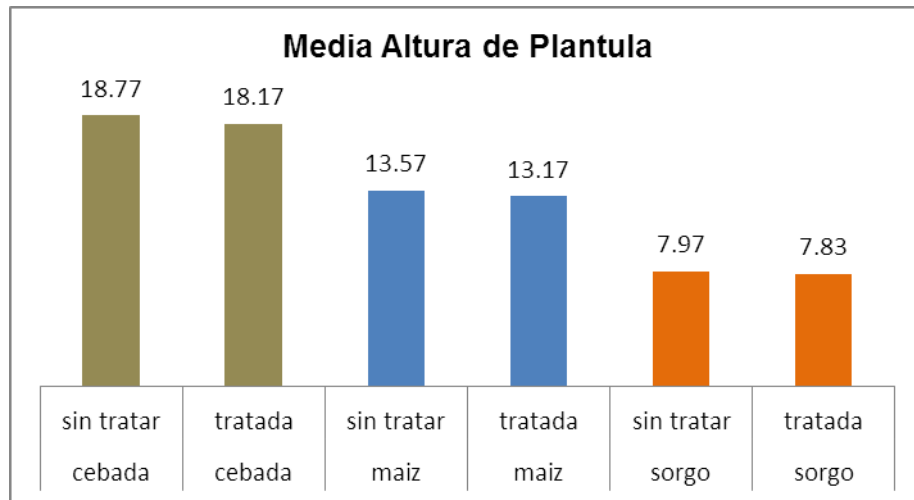
El ANVA (cuadro A.3) para esta variable nos muestra alta significancia al 1% para el factor A (cultivos), y no significancia para el factor B (aplicación de biofertilizante), por lo que esto indica que hay diferencia altamente significativa en los cultivos y estadísticamente nos dice que no existe interacción en los factores AXB (dosis de biofertilizantes vs cultivos) no hay diferencia estadística entre ellos.

Mostrando un coeficiente de variación fue de 4.07 %, lo que nos dice que los datos son confiables.

Para esta variable el análisis nos dice que no influyó la aplicación de fertilizante biológico en ninguno de los cultivos ya que las medias ligeramente altas las obtuvieron los tratamientos sin tratar la semilla. (**Cuadro 6 y figura 5**).

**Cuadro 6.** Valores Promedio para Variable Altura de Planta (cm).

<b>Altura de Plántula</b>		
<b>cultivo</b>	<b>Fertilización</b>	<b>Media</b>
cebada	<b>sin tratar</b>	<b>18.77</b>
cebada	Tratada	18.17
Maíz	<b>sin tratar</b>	<b>13.57</b>
Maíz	Tratada	13.17
sorgo	<b>sin tratar</b>	<b>7.97</b>
sorgo	Tratada	7.83



**Figura 5.** Medias para la Variable Altura de Plantula.

#### 4.4 Longitud de Raíz

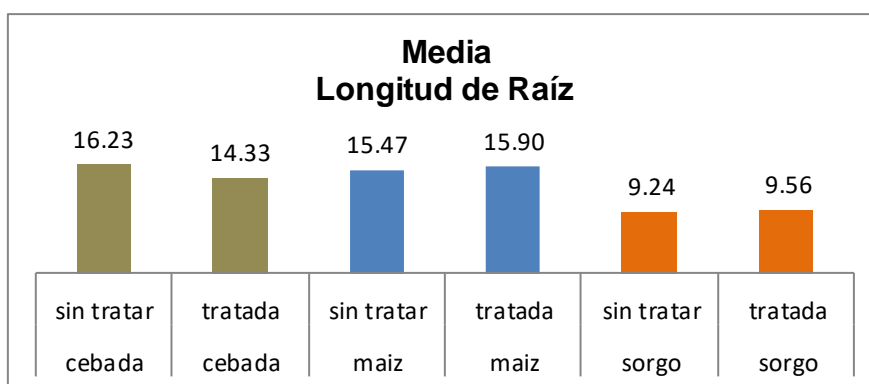
El ANVA (cuadro A.4) para ésta variable nos muestra alta significancia al 1% para el factor A (cultivos), y no significancia para el factor B (aplicación de biofertilizante), por lo que esto nos indica que la respuesta de las plantas de semillas tratadas fueron similares estadísticamente pero con tendencias de mayor crecimiento radicular en los tratamientos fertilizados con respecto al testigo sin fertilización , y en la interacción en los factores AXB (dosis de biofertilizantes vs cultivos) tampoco se encontró diferencia estadística.

Sin embargo se puede observar la tendencia de mayor crecimiento radicular con aplicación en los cultivos de maíz y sorgo principalmente (**Cuadro 7 y figura 6**).

Mostrando un coeficiente de variación de 12.93 %.

**Cuadro 7.** Valores Promedio para la Variable Longitud de Raíz (cm).

<b>Longitud de Raíz</b>		
<b>Cultivó</b>	<b>fertilización</b>	<b>Media</b>
Cebada	<b>sin tratar</b>	<b>16.23</b>
Cebada	tratada	14.33
Maíz	sin tratar	15.47
Maíz	<b>tratada</b>	<b>15.90</b>
Sorgo	sin tratar	9.24
Sorgo	<b>tratada</b>	<b>9.56</b>



**Figura 6.** Medias para la Variable Longitud de Raíz.

#### 4.5 Peso Seco de Raíz

El ANVA (cuadro A.5) para esta variable nos muestra alta significancia al 1% para el factor A (cultivos), y no significancia para el factor B (aplicación de biofertilizante), es decir, la respuesta de las plantas de semillas tratadas fueron similares estadísticamente pero con tendencias de mayor asimilación de materia seca en los tratamientos fertilizados con respecto al testigo sin fertilización.,

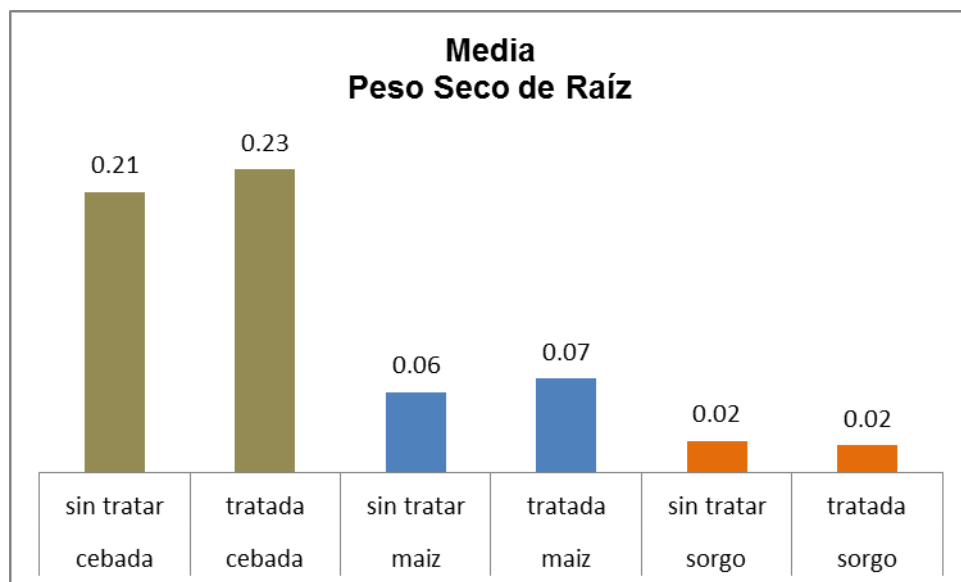


En la interacción de los factores AXB (dosis de biofertilizante vs cultivos) tampoco se encontró diferencia estadística sin embargo se puede observar la tendencia de mayor acumulación de materia seca en los cultivos de maíz y cebada principalmente (**Cuadro 8 y figura 7**).

. Mostrando un coeficiente de variación de 14.32% %.

**Cuadro 8.** Valores Promedio para la Variable Peso Seco de Raíz (gr).

<b>Peso Seco de Raíz</b>		
<b>Cultivo</b>	<b>Fertilización</b>	<b>Media</b>
Cebada	sin tratar	0.21
Cebada	<b>Tratada</b>	<b>0.23</b>
Maíz	sin tratar	0.06
Maíz	<b>Tratada</b>	0.07
Sorgo	sin tratar	0.02
Sorgo	Tratada	0.02



**Figura 7.** Medias Para la Variable Peso Seco de Raíz.

#### 4.6 Peso Seco de Plántula

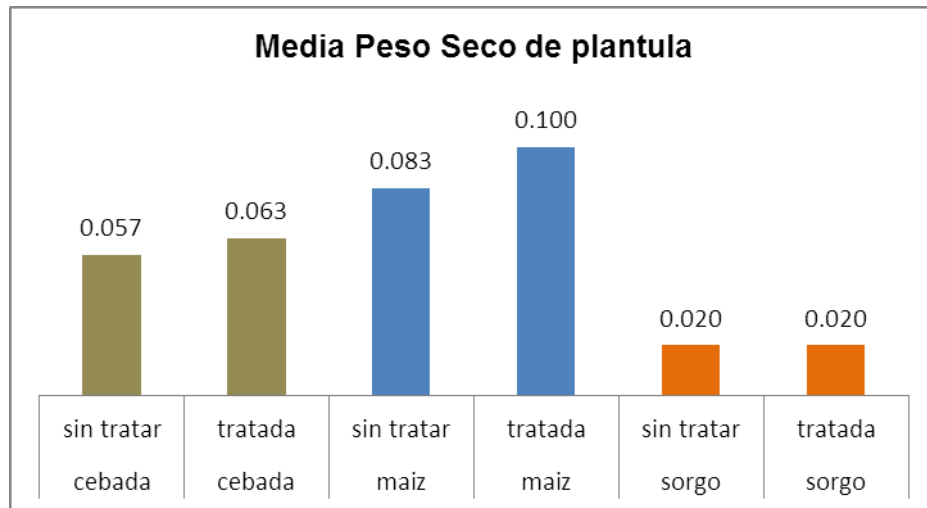
El ANVA (cuadro A.6) para esta variable nos muestra alta significancia al 1% para el factor A (cultivos), y se encontró que existe significancia al 5% para el factor B (aplicación de biofertilizante), es decir, que si hay diferencia a la respuesta de las plantas de semillas tratadas con tendencias de mayor asimilación de materia seca en los tratamientos fertilizados con respecto al testigo sin fertilización, también indica que no hubo interacción en los factores AXB (dosis de biofertilizante vs cultivos).

Ya que no se encontró diferencia estadística entre ellos sin embargo se puede observar la tendencia de mayor acumulación de materia seca en el cultivo de cebada y maíz para la semilla tratada y para sorgo mostró medias iguales numéricamente intercultivo pero estadísticamente inferior a los otros cultivos (**Cuadro 9 y figura 8**).

Mostrando un coeficiente de variación de 11.65 %.

**Cuadro 9.**Valores Promedio para la Variable Peso Seco de Plantula (gr).

<b>Peso Seco de Plántula</b>		
<b>Cultivo</b>	<b>Fertilización</b>	<b>Media</b>
Cebada	sin tratar	0.057
Cebada	<b>Tratada</b>	<b>0.063</b>
Maíz	sin tratar	0.083
Maíz	<b>Tratada</b>	<b>0.100</b>
Sorgo	sin tratar	0.020
Sorgo	Tratada	0.020



**Figura 8.** Medias para la Variable Peso Seco de Plántula.

## V. CONCLUSIONES

En base a los resultados que se obtuvieron y considerando los objetivos y la hipótesis planteados se hacen las siguientes conclusiones.

Se encontró diferencia estadística en las cinco variables agronómicas evaluadas, para el factor A (cultivos) debido a que los cultivos tienen diferente proceso evolutivo de desarrollo y crecimiento, motivo por el cual se obtuvo este resultado.

Si bien hubo tendencias notorias en la mayoría de las variables en estudio en cuanto a la aplicación del biofertilizante, solo peso seco de plántula fue estadísticamente diferente, y con coeficientes de variación reportados en el análisis de varianza con rangos aceptables.

Probablemente se pudiera observar una mejor respuesta si se evaluara a los 20-30 días después de la siembra, para que los microorganismos del biofertilizante tuvieran más tiempo para actuar.

Mayoría de las características tuvieron un comportamiento más eficaz, por lo que se puede afirmar que con la aplicación de este fertilizante biológico podemos obtener resultados favorables.

Se han obtenido resultados satisfactorios al inocular diversos cultivos con Azospirillum, Pseudomonas y otros microorganismos, los cuales pueden alterar la velocidad de toma de nutrientes de las plantas por un efecto directo en las raíces, así como hacer más eficiente la absorción de los mismos (Brown y Bethlenfalvay, 1988)

Solo las variables porcentaje de germinación y altura de plántula no mostraron respuesta al producto (biofertilizante biológico).

Es decir, que si hay diferencia a la respuesta de las plantas de semillas inoculadas en los tres cultivos, con tendencias de mayor asimilación de materia seca en los tratamientos fertilizados con respecto al testigo sin fertilización,

Para la variable peso seco de raíz en ningún cultivo fue mejor el testigo (semilla sin inocular), por lo tanto en mayoría de los parámetros evaluados, los cultivos con semillas inculadas mostraron un comportamiento con medias numéricamente superiores que el testigo.

## VI. LITERATURA CITADA

Alarcón A, Ferrera–Cerrato R 2000 Biofertilizantes: Importancia y utilización en la agricultura. Agr. Téc. Méx. 26: 191–203.

Aguirre-Medina, JF. 2006. Biofertilizantes microbianos: Experiencias agronómicas del programa nacional del INIFAP en México. Libro Técnico Núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigaciones Regionales Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. Chiapas, México. 201 p.

Aguirre-Medina, JF; Mendoza-López, A; Cadena-Iñiguez, J; Avendaño-Arrazate, C. 2007. La biofertilización del cacao (*Theobroma cacao* L). en vivero con (*Azospirillum brasilense*) Tarrand, Krieg et Döbereiner y (*Glomus intraradices*) Schenk et Smith. Interciencia 32(8):1-6.

Al–Karak G, Clark RB 1998 Growth, mineral acquisition, and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. J. Plant Nutr. 21: 263–276.

Al–Karak G, McMichael B, Zak J 2004 Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza 14: 263–269.

Amen, R. D. 1963. The concept of seed dormancy. American Scientist 51: 408-424.

Antón, N.; Hernanz, A.; Soblechero, E.; Durán, A.J.M . 2005. La semilla y su morfología. Agricultura: Revista agropecuaria 877: 612-615.

Armenta-Bojorquez, A. D. 1990. Fijación simbiótica de nitrógeno Rhizobiumleguminosa. Inter. CGIP-UAS. 1(1):6-10.

Armenta-Bojorquez, A. D., Ferrera-Cerrato, R., Trinidad, S. A., y Volke, H.V. 1986. Fertilización e Inoculación con Rhizobium y Endomicorrizas (V-A) en Garbanzo Blanco (*Cicer arietinum* L.) en Suelos del Noroeste de México. Agrociencia. (65):141- 160.

Bauer, T. 2001. Microorganismos Fijadores de Nitrógeno: familia Rhizobiaceae.

Bhattacharya, P. y Chaudhuri, S. R. 1993 Biofertilizer: Opening a new horizon. Yohana 37(9). 12-31.

Brown, M. S. and Bethlenfalvay, G. J. 1988. The Glycine–Glomus–Rhizobium symbiosis. VII Photosynthetic nutrient use efficiency in nodulate mycorrhizal soybeans. Plant Physiol. 86:1292–1297

Caballero-Mellado, J.; Carcaño-Montiel, M. G. and Mascarua-Esparza, M. A. 1992. Field Inoculation of Wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum brasilense* under temperate climate. Simbiosis. 13: 243-253.

Camacho, M., F. 1994. Dormición de semillas: causas y tratamientos. Ed. Trillas. México,

Castellanos, J. Z., y Pena-Cabriales, J. J. 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura. Una fuente de contaminación de los acuíferos. Terra. 8 (1):113-126.

D.F. p. 128.

Díaz–Moreno R, Díaz–Franco A, Garza–Cano I, Ramírez–de–León A (2007) Brassinoesteroides e inoculación con micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*) en el crecimiento y la producción de sorgo en campo. Terra Latinoamer. 25: 77–83.

Div. No. 63. México. 180 p.

El tratamiento de semillas Una herramienta para la agricultura sostenible  
pág. 3 y 4.

Fallik, E. and Okon, Y 1996. The response of maize (*Zea mays*) to Azospirillum inoculation in various types of soils in the field. World J. Microbiol. Biotech. 12:511- 515.

Food Agriculture Organization FAO 1991. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).

Fernández, H., J. D. 2002. Análisis de semillas y calidad del crecimiento en planta de *Bursera cuneata* (Schlecht.) Engl., en sustratos diferentes.



Food Agriculture Organization FAO, 1995. Manual técnico de la fijación simbiótica del nitrógeno.

Food Agriculture Organization FAO, 2001. Producción mundial de papa. <http://Servicios2.ies.edu.ve/agronegocios/PPDVegetal/PPDRaigestuberc.htm#ProRenPapamundo>

Fulchieri, M. and L. Frioni. 1994. Azospirillum inoculation on maize (Zea mays) effect on yield in a field experiment in central Argentina. Soil Biol. 26:921-923.

Gilliam, J. W., Logan, T. J. y Broadbent, F. E. 1985. Fertilizer use in relation to the environment. In: Fertilizer technology and use; Engelstad, O.P. (ed.); third edition. Soil Science Society of America, Inc. Madison Wis. USA. 561-588 pp.

Grageda-Cabrera, O. A., Mora, M., Castellanos, R. J. Z., Follet, R. F., and Peña-Cabriales, J. J. 2003. Fertilizer nitrogen recovery under different tillage treatments and cropping sequences in a vertisol in central México. IAEA-TECDOC. 1354:39-55.

Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1999. Propagación de plantas. Principios y prácticas. (Traduc.) Marino, A. A. Compañía Editorial Continental. México. Tercera impresión. pp 136-150.

<http://www.agroquimicos-organicosplm.com/fertilizantes-143-8#inicio>

<http://www.monografias.com/trabajos12/fibi/fibi2.shtml#ixzz2qUhm8vJr>

<http://www.monografias.com/trabajos12/fibi/fibi2.shtml#ixzz2qUiIK6HG>

<http://www.monografias.com/trabajos12/fibi/fibi2.shtml#ixzz2qUivbRYC>

<http://www.monografias.com/trabajos12/fibi/fibi2.shtml#ixzz2qUiZjgbH>

<http://www.monografias.com/trabajos12/fibi/fibi2.shtml#ixzz2qUjci43H>

<http://www.monografias.com/trabajos12/fibi/fibi2.shtml#ixzz2qUpA7bnY>

[http://www.worldseed.org/.../Seed\\_Treatment\\_a\\_Tool\\_for\\_Sustainable\\_Agricu...](http://www.worldseed.org/.../Seed_Treatment_a_Tool_for_Sustainable_Agricu...)

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP, 1990. Guía para la asistencia técnica agrícola Valle del Fuerte.Soya para grano. Los Mochis, Sinaloa. Pp160-172.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP/CIRNE/A-481) 2011. Manejo integrado del cultivo de cebada en condiciones de temporal en San Luis Potosí ISBN 978-607-425-705-2 Primera edición

International Seed Testing Association (ISTA). 1985. International Rules for Seed Testing. Rules and Annexus. *Seed Science and Technology*. 13: 299.

Jeffries P, Gianinazzi S, Perotto S, Turnau K, Baera J 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biol. Fert. Soils* 37: 1-16.

Kaya C, Higgs D, Kirmak H, Tas I 2003. Micorrhizal colonization improves fruit yield and water use efficiency in watermelon (*Citrullus lanatus*) grown under well-watered and water-stressed conditions. *Plant Soil*. 253: 287-292.

Keeney, D. R. 1982. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. *Farmed soils, fertilizer, agroecosystems. Agronomy. A series of monographs-Americans Society of Agronomy*. (22):605-649.

Malakouti, M., M. Navabzadeth and S. H. R. Hashemi. 1999. The effect of different amounts of N-fertilizer on the nitrate accumulation in the edible parts of vegetables. In: D. Anac y P. Martin-Prevel (editors); *Improved Crop Quality by Nutrient Mnagement*. Kluwer Academic Publisher. London. 70:43-45 pp.

Martínez-Morales, L. J.; Soto-Urzúa, L.; Baca, B. E. and Sánchez, J. A. 2003. Indole- 3-butyric acid (IBA) production in culture medium by wild strain *Azospirillum brasilense*. *FEMS Microbiol. Lett.* 228(2):167-173.

Mayea, S.; Carone, Margarita; Novo, R.; Boado, Isabel; Silveira, E.; Soria, Miguelina; Morales, Yolanda y Valiño, A. 1998. Microbiología Agropecuaria. Tomo II. Ed. Félix Varela. La Habana. pp 156-178.

Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1982. Principles of plant nutrition. 3rd Edition. International Potash Institute. Switzerland. 22:569-572 pp.

Morales, D. 2008. Programa de Restauración y Silvicultura del Bosque, ACG. <http://www.acguanacaste.ac>. Consulta: septiembre del 2008

Moreno D., R. 1992. Criterio para la interpretación de resultados de análisis de suelos. Documento de circulación interna. EMIFAP-CIRCE. Campo Experimental de Toluca. Toluca, Edo. de México. 25 p.

Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. UNAM. 383 p.

Nezarat, S. and Gholami, A. 2009 Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving seed germination, seedling growth and yield of maize. Pakistan J. Biol. Sci. 12:26-32

Niembro, R., A. 1979. Semillas forestales. 1ª Edición. UACH. Departamento de Bosques. Chapingo, México. 137 p.

Patiño, V.F., De la Garza, P., Villa Gómez, A. Y., Talavera, A. I. y Camacho, M. F. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Subsecretaría Forestal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Divulgativo no. 63. Méxi-co, D. F. 180 p.

Purcino, A.A.C., Paiva, E., Silva, M.R. and de Andrade, S.R.M. 1996. Influence of Azospirillum inoculation and nitrogen supply on grain yield, and carbon- and nitrogen assimilating enzymes in maize. J. Plant Nutr. 19:1045-1060.

Ramanathan, V., Cicerone, R. J., Singh, H. B. and Kiehl. 1985. Trace gas trends and their potential role in climate change. J. Geophys. Res. 90: 5547-5566.

Rodelas, María Belén. 2001. Interacción Rhizobium-Azospirillum y Rhizobium-Azotobacter. Efecto sobre la nodulación y fijación simbiótica del dinitrógeno en Vicia faba.

Ruiz,O. Nieto.,R.Laros.1962.Tratado Elemental De Botanica. Ed. Cient. Latino America.Mexico.

SAGARPA. 2006. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Consulta para cebada durante el periodo 1980-2004. México.

Santillana, V.N. 2006. Producción de biofertilizantes utilizando Pseudomonas sp. Ecología Aplicada 5:87-91.

SAS Institute Inc. 2004. SAS User's Guide Statistics. Release 9.1. SAS Institute. Inc. USA.

Shaharoon, B. Arshad, M., Zahir, Z.A. and Khalid, A. 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biol. Biochem.* 38:2971-2975

Soliman, S. and Abdel Monem, M. 1994. Influence of <sup>15</sup>N labeled urea and *Azotobacter* on corn yield and nitrogen budget as affected by organic matter. Proceeding of the 2nd Arab Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy. 5-9 November, Cairo, pp. 683-694.

Viviene, N.; Matiru, F. D. and Dakora, S. 2004. Potential use of rhizobial bacteria as promoters of plant growth for increased yield in landraces of African cereal crops. *Afr. J. Biotechnol.* 3(1):1–7.

Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil.* 255:571-586.

Woodard H. J. and A. Bly 2000. Maize growth and yield responses to seed inoculate N<sub>2</sub> – fixing bacteria under dryland production conditions. *Journal of Plant Nutrition* 33 (1): 55-65.

# APÉNDICE

### Cuadro A.1 Análisis de varianza para variable porcentaje de germinación

Variable dependiente: Porcentaje de Germinación

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - Valor	Pr > F
<b>Bloques</b>	2	4.0804000	2.0402000	0.23	0.8054
<b>Cultivo</b>	2	212.1808000	106.0904000	11.89	0.0207*
<b>Error a</b>	4	35.7035000	8.9258750		
<b>Aplicación</b>	1	24.9924500	24.9924500	0.49	0.5081NS
<b>Cultivo*Aplicación</b>	2	16.3216000	8.1608000	0.16	0.8544NS
<b>Error b</b>	6	302.9697000	50.4949500		
<b>Total corregido</b>	17	596.2484500			

\*= Significativo al 5 % \*\*=Significativo al 1% NS= no significativo

CV (a) 3.29%  
CV (b) 7.83%

### Cuadro A.2 Análisis de varianza para variable índice de velocidad de emergencia (IVE)

Variable dependiente: Índice de Velocidad de Emergencia (IVE)

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	Pr > F
<b>Bloques</b>	2	0.4181333	0.2090667	0.33	0.7391
<b>Cultivo</b>	2	198.9444000	99.4722000	155.31	0.0002**
<b>Error a</b>	4	2.5618667	0.6404667		
<b>Aplicación</b>	1	0.0696889	0.0696889	0.42	0.5405NS
<b>Cultivo*Aplicación</b>	2	0.4269778	0.2134889	1.29	0.3421NS
<b>Error b</b>	6	0.9933333	0.1655556		
<b>Total corregido</b>	17	203.4144000			

\*= Significativo al 5 % \*\*=Significativo al 1% NS= no significativo

CV (a) 6.03%  
CV (b) 3.06%



### Cuadro A.3 Análisis de varianza para variable altura de planta.

Variable dependiente: Altura plántula

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Bloques</b>	2	0.68111111	0.3405556	1.37	0.3526
<b>Cultivo</b>	2	335.0977778	167.5488889	673.19	<.0001**
<b>Error a</b>	4	0.9955556	0.2488889		
<b>Aplicación</b>	1	0.6422222	0.6422222	2.21	0.1876NS
<b>Cultivo*Aplicación</b>	2	0.1644444	0.0822222	0.28	0.7631NS
<b>Error b</b>	6	1.7433333	0.2905556		
<b>Total corregido</b>	17	339.3244444			

\*= Significativo al 5 % \*\*=Significativo al 1% NS= no significativo

CV (a) 3.76%

CV (b) 4.07%

### Cuadro A.4 Análisis de varianza para variable longitud de raíz

Variable dependiente: Longitud de Raíz

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Bloques</b>	2	4.8662333	2.4331167	4.73	0.0883
<b>Cultivo</b>	2	148.3456000	74.1728000	144.20	0.0002**
<b>Error a</b>	4	2.0574667	0.5143667		
<b>Aplicación</b>	1	0.6574222	0.6574222	0.22	0.6578NS
<b>cultivo*Aplicación</b>	2	5.1928444	2.5964222	0.86	0.4706NS
<b>Error b</b>	6	18.1824333	3.0304056		
<b>Total corregido</b>	17	179.3020000			

\*= Significativo al 5 % \*\*=Significativo al 1% NS= no significativo

CV (a) 5.32 %

CV (b) 12.93 %

### Cuadro A.5 Análisis de varianza para variable peso seco de raíz.

Variable dependiente: Peso Seco de Raíz

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F-Valor	Pr > F
<b>Bloques</b>	2	0.00101111	0.00050556	1.86	0.2689
<b>Cultivo</b>	2	0.12671111	0.06335556	232.73	<.0001**
<b>Error a</b>	4	0.00108889	0.00027222		
<b>Aplicación</b>	1	0.00013889	0.00013889	0.64	0.4539NS
<b>Cultivo*aplicación</b>	2	0.00031111	0.00015556	0.72	0.5254NS
<b>Error b</b>	6	0.00130000	0.00021667		
<b>Total corregido</b>	17	0.13056111			

\*= Significativo al 5 % \*\*=Significativo al 1% NS= no significativo

CV (a) 16.05 %

**CV (b) 14.32 %**

### Cuadro A.6 Análisis de varianza para variable peso seco de planta

Variable dependiente: Peso Seco de Plántula

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F-Valor	Pr > F
<b>Bloques</b>	2	0.00041111	0.00020556	1.14	0.4061
<b>Cultivo</b>	2	0.01547778	0.00773889	42.86	0.0020**
<b>Error a</b>	4	0.00072222	0.00018056		
<b>Aplicación</b>	1	0.00027222	0.00027222	6.12	0.0481*
<b>Cultivo*Aplicación</b>	2	0.00021111	0.00010556	2.37	0.1739NS
<b>Error</b>	6	0.00026667	0.00004444		
<b>Total corregido</b>	17	0.01736111			

\*= Significativo al 5 % \*\*=Significativo al 1% NS= no significativo

CV (a) 5.72 %

**CV (b) 11.65 %**

