

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto de Bioestimulantes Químicos y Orgánicos en la Calidad Fisiológica de la Semilla de Frijol (*Phaseolus vulgaris*) Variedad Pinto Saltillo

Por:

IRIS ATENEA SILVA LARA

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México
Noviembre, 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto de Bioestimulantes Químicos y Orgánicos en la Calidad Fisiológica de la Semilla de Frijol (*Phaseolus vulgaris*) Variedad Pinto Saltillo

Por:

IRIS ATENEA SILVA LARA

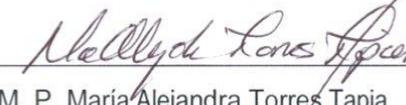
Tesis

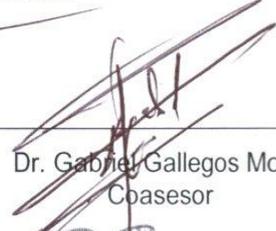
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

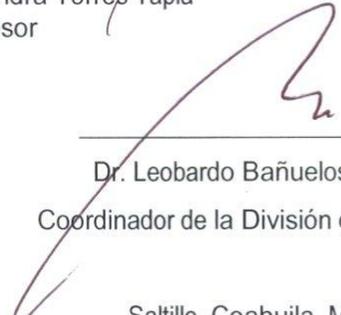
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada


M.C. José Ángel Daniel González
Asesor Principal


M. P. María Alejandra Torres Tapia
Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía


Coordinación
División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2012

*Vivir no es solo existir,
sino existir y crear;
y en ves de dormir
soñar...*

descansar es un poco morir!

Agradecimientos

A mi ser superior *Dios* por darme la fuerza para lograr cada sueño, por guiar y estar presente en cada instante de mi vida, por los buenos y malos ratos que me a permitido vivir por que son señal de mi crecimiento personal e indudablemente por el inmenso amor que día a día me demuestra; creyendo en mí cuando mi vida se encuentra en tinieblas y por todas las oportunidades para comenzar de nuevo.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (*Mi Alma Terra Mater*) por abrirme las puertas del conocimiento forjando en mi el amor a mi profesión.

A todos los maestros que dejaron en mí la huella de su sabiduría en quienes no solo encontré conocimientos sino una gran amistad.

A mi asesor de tesis *José Ángel Daniel González* por cada lección de vida que es sinónimo de una lucha constante, por brindarme su amistad y sobre todo por demostrarme que cualquier idea y sueño por mas descabellado que sea se puede hacer realidad... GRACIAS!!!

A la *MC. Alejandra Torres Tapia* por su colaboración y paciencia al realizar este proyecto.

Al *Dr. Gabriel Gallegos Morales* por el apoyo en la revisión de este proyecto.

Dedicatorias

A mi inspiración: *Irma Lara Huitrón* y *José Sánchez Reyes* por enseñarme a caminar con pasos firmes y decididos, por la fuerza que impulsan en mí para lograr mis sueños y demostrándome que cualquier obstáculo es una oportunidad para mejorar... GRACIAS por su incalculable amor, por su confianza y libertad que me ha enseñado a ser una mujer responsable de mis actos y feliz ante cualquier circunstancia.

A mis abuelos *Eustolio Lara Palma* (+) y *Cristina Huitron Sánchez* por ser un ejemplo de vida.

A mi familia por estar a mi lado en cada paso de mi vida, por creer en mí y darme todo su amor.

A mis amigos por las rizas y lagrimas pero sobre todo por las grandes aventuras que vivimos juntos, por hacer de la etapa en la universidad la más divertida: *Uriel Villadoble, Roberto Capula, Luis Ángel Baranda, Jesús Omaña, Alejandro Loyo, Nayeli Hernández*, en especial a *Juan Gerardo Pariente* por permitirme ser parte de su vida y estar conmigo en tiempos difíciles demostrándome siempre su apoyo.

A mis hermanos de vida: *Alfredo Avendaño, Otoniel Gonzales, Irving Trujillo, Sagrario Cárdenas, Andrea Santiago, Liliana Crisóstomo, Leticia Crisóstomo, Bianca M.* por su cariño y apoyo incondicional a pesar de la distancia.

A mi novio *Cesar Basilio* por llegar a mi vida demostrándome que nunca es tarde para creer por hacerme sonreír en tiempos difíciles y regalarme los momentos más hermosos de mi vida... TE AMO!!!

A todas las personas que un día bendijeron mi camino gracias a su apoyo no me di por vencida y a todas las personas que no creyeron en mí gracias por la fuerza que despertaron en mí ser para demostrarme lo que soy capaz de lograr.

A todas las personas Dios ha puesto en mi camino que indudablemente son innumerables pero que cada una ha dejado una enseñanza de vida.

RESUMEN

En el grupo de las leguminosas comestibles, el frijol común (*Phaseolus Vulgaris L.*) es una de las más importantes, por ser complemento nutricional indispensable en la dieta alimenticia. Su producción a nivel mundial se encuentra en 129 países de los cinco continentes, México es uno de los cultivos de primordial importancia económica y social; siendo un cultivo altamente vulnerable, debido a suelos pobres en nutrientes, altos precios de insumos, condiciones climáticas, y sobre todo a la baja disponibilidad de semilla de alta calidad, en consecuencia el estudio y análisis de diversas estrategias encaminadas a una práctica de agricultura sustentable que sirvan para mejorar este cultivo es de interés.

Uno de los insumos de mayor importancia para la producción de alimentos es la semilla; durante las primeras etapas de germinación, las semillas absorben agua, ablanda las cubiertas y se hidrata el protoplasma, la actividad metabólica aumenta y se produce un aumento en las actividades enzimáticas y el ritmo respiratorio, tratando de acelerar estos mecanismos se ha desarrollado el uso de productos hormonales sintéticos y/o orgánicos, aportando de forma externa mayor estímulo al proceso, generando así un mayor vigor, teniendo como resultados emergencia temprana y crecimiento rápido de buenas plántulas con ventajas considerables, pues permitirá a las plantas jóvenes evadir muchos de los riesgos tales como enfermedades, daños por insectos, condiciones ecológicas adversas, etc.

En el presente trabajo se aplicó una tecnología basada en la comparación de diferentes productos orgánicos (Alga Enzim[®], Algaroot^{MR}, Humus lombriz UAAAN, BurizeST, *Glomus* biofabrica, Micorrizas INIFAP, *Glomus* liquido, *Glomus* Bajio Gris, *Glomus* Bajio Café) e inorgánicos (Biozyme^{TS}), con el propósito de seleccionar el producto que mejore la calidad fisiológica de la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad Pinto Saltillo; evaluando la respuesta en capacidad de germinación y vigor, utilizando las variables plántulas normales, plántulas anormales, semillas sin germinar, peso fresco (hipocotilo y raíz), peso seco (hipocotilo y raíz) y materia seca, realizando cuatro repeticiones de cada tratamiento. Los resultados se analizaron en un diseño completamente al azar.

En general en el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados. La mejor respuesta en capacidad de germinación fue la aplicación de *Glomus Bajio Gris* (T8) 2 Ltr Ton⁻¹ con 100%, en consecuencia presentó ausencia de anomalías y semillas sin germinar; en comparación con el testigo (T1) que obtuvo 69% capacidad de germinación, 17% plántulas anormales y 14% semillas sin germinar. Todos los tratamientos restantes tuvieron efectos favorables induciendo la capacidad de germinación (81 a 94%), reduciendo anomalías (11 a 4%) y disminuyendo semillas sin germinar (2 a 7%).

Para las pruebas de vigor se determinó el peso fresco del hipocotilo y raíz a los 8 días después de la siembra, para pasarlo a un sistema de secado durante 24 hrs y determinar el peso seco. Los resultados de esta prueba fueron muy variables por lo que no se pudo determinar un verdadero efecto en comparación al testigo sin embargo el tratamiento que se mantuvo por arriba del testigo (148 mg Planta⁻¹ PSH y 87 mg Planta⁻¹ PSR) fue el T8 con un peso seco del hipocotilo de 148.54 mg Planta⁻¹ y 87.66 mg Planta⁻¹ peso seco de la raíz.

Al determinar la producción de materia seca se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos, donde la aplicación de *Glomus Biofabrica* (T7) tiene el mayor peso con 1844 mg Planta⁻¹ en comparación con el testigo (T1) quien obtuvo 1079.5 mg Planta⁻¹. En general todos los tratamientos tuvieron un aumento en producción de materia seca (1141.5 a 1719 mg Planta⁻¹).

En conclusión la aplicación de bioestimulantes orgánicos y un químico a la semilla de Frijol variedad Pinto Saltillo tiene efectos positivos en el aumento de la calidad fisiológica, sin embargo el uso de los productos orgánicos tiene mayor respuesta en capacidad de germinación, disminuyendo las anomalías y reduciendo el porcentaje de semillas sin germinar; aportando nutrientes y hormonas que por daños en campo (helada) y latencia (testa dura) se habían perdido así mismo muestran un incremento en la producción de materia seca.

Palabras clave: Frijol Pinto Saltillo, Bioestimulantes, Vigor, Alga Enzim[®], Algarrot^{MR}, Humus lombriz UAAAN, BurizeST, *Glomus biofabrica*, Micorrizas INIFAP, *Glomus liquido*, *Glomus Bajio Gris*, *Glomus Bajio Café*, Biosyme* TS, Calidad fisiológica.

ÍNDICE GENERAL

<i>Agradecimientos</i>	iv
<i>Dedicatorias</i>	v
RESUMEN.....	6
ÍNDICE DE CUADROS.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Objetivo General.....	14
1.1.1 Objetivo específico.....	14
1.2 Hipótesis.....	14
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
2.1 Generalidades del cultivo del frijol	15
2.1.1 Origen.....	15
2.1.2 Clasificación taxonómica.....	15
2.1.3 Descripción morfológica.....	16
2.1.4 Plagas y enfermedades.....	17
2.1.5 Requerimientos agroclimáticos.....	17
2.1.6 Fertilización.....	20
2.1.7 Superficie, rendimiento e importancia.....	21
2.2 Semilla.....	22
2.2.1 Concepto de semilla.....	22
2.2.2 Producción de semillas.....	23
2.2.3 Vida latente y longevidad de las semillas.....	23
2.2.4 Calidad de semilla.....	24
2.2.5 Pruebas de calidad en semilla.....	25
2.3 Germinación y proceso de germinación.....	26
2.3.1 Prueba de germinación estándar.....	27
2.3.2 Vigor.....	29
2.3.3 Calidad fisiológica.....	29
2.3.4 Madurez fisiológica.....	30
2.3.5 Tasa de crecimiento de plántulas.....	30
2.3.6 Materia seca.....	31

2.4	Uso de bioestimulantes en semillas.....	32
2.4.1	Pretratamientos.....	33
2.5	Regulador de crecimiento Biozyme ST.....	34
2.6	Algas.....	37
2.6.1	Las algas y su aplicación en la agricultura.....	37
2.6.2	Efecto de las algas en las plantas.....	38
2.6.3	Algaenzims.....	39
2.6.4	Algaroot ^{MR}	41
2.7	Micorrizas.....	42
2.7.1	Uso de micorrizas.....	44
2.7.2	Tipos de Micorrizas.....	48
2.8	Ácidos Húmicos y Fulvicos.....	50
III.	MATERIALES Y METODOS.....	53
3.1	Descripción del sitio.....	53
3.2	Material genético.....	53
3.2.1	Frijol Pinto Saltillo.....	53
3.3	Tratamientos.....	54
3.4	Metodología.....	55
3.5	Variables evaluadas.....	55
3.5.1	Capacidad de germinación.....	55
3.5.2	Plántulas normales.....	55
3.5.3	Plántulas anormales.....	56
3.5.4	Semillas sin germinar (SSG).....	56
3.5.5	Peso fresco del hipocotilo.....	57
3.5.6	Peso seco hipocotilo (tasa de crecimiento de plántula).....	57
3.5.7	Peso fresco de la raíz.....	57
3.5.8	Peso seco de la raíz (tasa de crecimiento de plántula).....	58
3.5.9	Materia seca (MS).....	58
3.6	Diseño experimental.....	59
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
4.1	Capacidad de germinación (Plántulas normales).....	60
4.2	Porcentaje plántulas anormales.....	62
4.3	Porcentaje semillas sin germinar.....	64
4.4	Peso fresco de hipocotilo.....	65

4.5 Peso fresco de la raíz.....	67
4.6 Peso seco de hipocotilo.....	68
4.7 Peso seco de la raíz	70
4.8 Materia Seca	70
V. CONCLUSIONES.....	72
VI.LITERATURA CITADA.....	74

INDICE DE CUADROS

No.	Descripción	Pág
2.1	Composición Biozyme ST	35
2.2	Garantía de composición de producto Algaroot ^{MR}	41
3.1	Tratamientos y dosis de bioestimulantes aplicadas a la semilla de frijol variedad Pinto Saltillo.....	54
4.1	Cuadrados medios y significancia en las variables capacidad de germinación de semillas de frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2011.....	54
4.2	Comparación de medias de las variables capacidad de germinación del frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2011.....	60
4.3	Análisis de varianza para las variables Peso Fresco Hipocotilo y Peso Fresco de la Raíz de frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2011.....	61
4.4	Comparación de medias para las variables Peso Fresco Hipocotilo y Peso Fresco de la Raíz de frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2011.....	66
4.5	Análisis de varianza para las variables Peso Seco del Hipocotilo y Peso Seco de la Raíz de plántulas normales de frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2011.....	66
4.6	Comparación de medias para las variables Peso Seco del Hipocotilo y Peso Seco de la Raíz de plántulas normales de frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2011.....	69
4.7	Análisis de varianza para la variable Materia Seca de plántulas normales de frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2011.....	71
4.8	Comparación de medias para la variable Materia Seca de plántulas normales de frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2011.....	71

I. INTRODUCCIÓN

En el grupo de las leguminosas comestibles, el frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) es una de las más importantes, por ser complemento nutricional indispensable en la dieta alimenticia; en México es uno de los cultivos de primordial importancia económica y social al igual que el maíz, ambos son componentes de la dieta diaria de gran parte de la población, ya que él maíz aporta la mayor parte de los carbohidratos y el frijol de proteínas.

Su producción a nivel mundial se concentra en 129 países de los cinco continentes según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (por sus siglas en inglés FAO). Entre 1961–2007 se produjo en promedio poco menos de 15 millones de toneladas al año, lo que constituye una tasa media de crecimiento anual (tmca) de 1.16% durante dicho lapso (FAO, 2008).

Entre los países productores de leguminosas destacan por orden de importancia la India con 18.49%, Brasil con 16.55%, China con 11.47%, Estados Unidos con 6.84%, y México en quinto lugar con un 6.80% y otras naciones, contribuyeron el 63.86% del total producido en el 2004. Teniendo variaciones en los niveles de producción entre un año y otro por la presencia de lluvias, ya que una proporción significativa se obtiene bajo condiciones de temporal.

En México, la producción de frijol bajo temporal es altamente vulnerable, debido a suelos pobres en nutrientes, altos precios de insumos (Serrano, 2005) y a las condiciones climáticas, y sobre todo a la baja disponibilidad de semilla de alta calidad (González *et al.*, 2008), en consecuencia el estudio y análisis de diversas estrategias que sirvan para mejorar este cultivo es de interés en las diversas disciplinas de la Agronomía.

En este sentido, surge la necesidad de generar estrategias agrícolas que sean favorables en el incremento de áreas de producción y rendimientos del cultivo; encaminadas a una práctica de agricultura sustentable, basada en la obtención de beneficios mediante la

utilización racional de los recursos naturales y la implementación de nuevas tecnologías para la aplicación y producción de insumos.

Uno de los insumos de mayor importancia para la producción de alimentos es la semilla, la cual es el eslabón en la agricultura de cualquier país, la humanidad ha demandado una mayor calidad; razón por la que el gobierno y el sector privado deben estar comprometidos en desarrollar mejores tecnologías en la producción, cosecha y almacenamiento para abastecer de semilla de alta calidad. Por lo que su disponibilidad es el pilar del desarrollo tanto para mejorar tierras agrícolas como para aquellas áreas menos favorecidas.

Una semilla de alta calidad es aquella que reúne cuatro componentes de calidad; genético, físico, sanitario y fisiológico, donde este último es un parámetro relativamente importante en la comercialización de semillas dado por una buena germinación, emergencia y vigor.

Se entiende por germinación al mecanismo más trascendente de la interacción que existe entre hormonas tales como giberelinas, citocininas, auxinas con enzimas como alfa-amilasa presentes en la semilla. En los últimos años se ha tratado de acelerar este mecanismo con el uso de productos hormonales sintéticos y/o orgánicos, aportando de forma externa mayor estímulo al proceso, generando así un mayor vigor.

Algunas estrategias para mejorar la calidad de la semilla de frijol es ayudar al productor a minimizar el riesgo en pérdidas de plántulas, y el reducir la incertidumbre durante el ciclo de producción, resultando en mayores ganancias económicas y sociales; en el presente trabajo se aplicó una tecnología basada en la comparación de diferentes productos orgánicos e inorgánicos con el propósito de seleccionar el mejor producto y poderlo recomendar al productor que pretenda comercializar éste cultivo a pequeña y gran escala; planteando así los siguientes objetivos:

1.1 Objetivo general

- * Comparar el efecto de bioestimulantes orgánicos e inorgánicos en su respuesta en la calidad fisiológica en semilla de Frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad Pinto Saltillo.

1.1.1 Objetivo específico

- * Determinar el efecto de los bioestimulantes Alga Enzim, Algaroot, Micorrizas, *Glomus* liquido, *Glomus* biofabrica, *Glomus* bajo gris, *Glomus* bajo café, Burize, Humus de lombriz UAAAN y Biozyme en semilla de Frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad Pinto Saltillo mediante pruebas de germinación y vigor.

1.2 Hipótesis

Al menos uno de los bioestimulantes tiene efecto superior en la calidad fisiológica de la semilla de Frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad Pinto Saltillo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo de frijol

2.1.1 Origen

Los estudios arqueológicos revelan que el frijol, del género *Phaseolus*, se origina en el continente americano (Paredes, 2006), al respecto se han encontrado evidencias con antigüedad de 5 mil a 8 mil años en algunas regiones de México Estados Unidos y Perú (Voyses, 2000). Existe un relativo acuerdo respecto a su origen: México, que es también el lugar donde se diseminaron las primeras semillas hacia el sur del continente americano, sitio en el que llega a cultivarse (Voyses, 1983 y 2000, Paredes *et al.*, 2006). En particular Paredes destaca que es posible identificar a este país como lugar de origen por encontrar prototipos de especies silvestres de los cinco grupos más cultivados: *P. vulgaris*, «frijol común»; *P. acutifolius*, «frijol tépari»; *P. lunatus*, «frijol lima»; *P. coccineus*, «frijol escarlata»; y *P. polyanthus*, «frijol anual».

En México existen evidencias arqueológicas de distintas especies de frijol, que van desde los mil 200 hasta los 9 mil años de antigüedad. Engleman (1991), por su parte, señala que en toda Mesoamérica se dieron cultivos de frijol, maíz, calabaza y chile que constituyeron la fuente alimenticia principal de las culturas que habitaban esta región, cuyos antecedentes se remontan a más de 8 mil años.

2.1.2 Clasificación taxonómica

El nombre científico del frijol común es el *Phaseolus vulgaris* propuesto por Linney (1753).

Orden: Rosales

Familia: Leguminosa

Sub-Familia: Papilionoideas

Tribu: Phaseoloae

Sub Tribu: Phaseolinas

Género: Phaseolus

Especie: Vulgaris L.

De las numerosas especies que existen en México únicamente se han domesticado y cultivan cuatro: *P. vulgaris*, *P. coccineus*, *P. lanatus*, *P. acutifolius* Gray.

2.1.3 Descripción morfológica

El frijol es una planta herbácea, de ciclo anual, pertenece a la familia de las leguminosas, con raíz pivotante, tallo epigeo corto y robusto (pudiendo ser de tipo I determinado arbustivo, tipo II indeterminado arbustivo, tipo III indeterminado postrado o tipo IV indeterminado trepador), de guía voluble que puede o no estar presente, con pubescencias cortas y rígidas las hojas excepto las dos primeras, con nervadura reticulada, compuestas alternas, pecioladas, trifoliadas provistas de estipulas persistentes; las flores son hermafroditas y agrupadas en racimos; el fruto es verdadero, de carpelo carnosos y dehiscente, es una vaina con diferente número de granos; generalmente entre cinco y seis semillas que se asemejan a un riñón (Serrano, 2005; CIAT, 1983). La semilla de frijol está formada por cotiledones y embrión, una vez germinada se distinguen: radícula, plúmula, epicotilo, hoja primaria, yema apical e hipocotilo (Moreno, 1984).

El ciclo biológico de la planta de frijol se divide en dos fases sucesivas, que abarcan diez etapas: fase vegetativa (germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada y tercera hoja trifoliada) y la fase reproductiva (prefloración, floración, formación de las vainas, llenado de las vainas y maduración) (Arias *et al.*, 2007).

2.1.4 Plagas y enfermedades

Muruaga *et al.*, (1993) reportan que en el cultivo del frijol las principales plagas son mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*), picudo del ejote (*Apion godmani* y *A. aurichalceum*), conchuela del frijol (*Epilachna varivestis*), minador (*Liriomyza* spp.), *Díabrotica* spp., gorgojos (*Acanthoscelides obtectus*). Mientras que las enfermedades de mayor incidencia son virosis (incluye mosaico común, dorado y moteado clorótico), tizón común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*), tizón de halo (*Pseudomonas phaseolicola*), roya (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus*), antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), pudrición de raíces o pudrición del tallo (*Rhizoctonia solani*), amarillamiento (*Fusarium oxysporum* sp. *phaseoli*), mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*) y mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) (IICA, 2008).

2.1.5 Requerimientos agroclimáticos

El frijol se cultiva en todas las regiones del país, bajo todas las condiciones de clima y suelo, gracias a las 70 variedades de frijol que se distribuyen en 7 grupos: negros, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos, moteados (FIRA, 2009). Sin embargo es muy vulnerable a las condiciones climatológicas que prevalecen durante el ciclo productivo, ya que cerca del 84% de la superficie destinada a este cultivo se localiza en tierras de temporal aunada a la baja disponibilidad de agua (Cuéllar y Covarrubias, 2005). La temperatura ideal para el desarrollo de este cultivo oscila entre 10°C y 27°C, la planta es muy susceptible a condiciones extremas; exceso o falta de humedad, por tal razón debe sembrarse (a una profundidad de 2 a 4 cm.) en suelos profundos de textura franco limosa (aunque también tolera texturas franco arcillosas) y bien drenados, con buenas propiedades físicas; crece bien en suelos con pH entre 5.5 y 6.5, de topografía plana y ondulada (FIRA, 2009; Arias *et al.*, 2007).

El comportamiento de los elementos atmosféricos influyen decididamente en el cultivo del frijol, los más determinantes son las condiciones pluviales pero sobre todo su distribución ya que puede ocasionar alargamiento del ciclo vegetativo, deficiencias en el período de mayor demanda, caída de estructuras fructíferas que impide la secuencia fenológica de la fase reproductiva (Ventura, 1991).

Arias *et al.*, (2007) por su parte mencionan que el fotoperiodo afecta la fenología y morfología de la planta, el frijol es una especie de días cortos, los días largos tienden a causar demora en la floración y la madurez; cada hora más de luz por día puede retardar la maduración de dos a seis días.

Barrios y López (2009) quienes utilizando variedades de frijol tipo Flor de Mayo, Flor de Junio, 11 variedades criollas recolectadas en los estados de Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Michoacán y Aguascalientes, determinaron un valor promedio de 8.3 °C como óptimo mínimo para el desarrollo del frijol, en el estado de México en 2005.

González *et al.*, 2008 quienes trabajando con las variedades de frijol Flor de Junio Marcela y FJ07001, Flor de Mayo Anita y Flor de Mayo Noura, Pinto Durango y Pinto Saltillo, Azufrado 26 y Azufrado Noroeste, en Celaya, Guanajuato, durante el ciclo agrícola 2006, registraron en el ciclo otoño-invierno condiciones de temperatura de 6 y 30 °C mínima y máxima respectivamente, y una precipitación acumulada de 362 mm durante el ciclo del cultivo, encontrando que el mayor porcentaje de germinación estándar fue mayor en la variedad Flor de Junio Marcela.

- **Fotoperiodo:** existen cultivares indiferentes a la duración del día, pero hay otros que se comportan como plantas de día corto

Es una especie de días cortos; días largos tienden a demorar la floración y madurez; cada hora más de luz en el día puede retardar la maduración en 2 o 6 días.

En general, los genotipos más tardíos y de hábito de crecimiento indeterminado, son más sensibles al fotoperiodo que los de hábito determinado e indeterminado pero de tipo mata o arbustivo.

- **Precipitación:** 1000 a 1500 mm; lluvias durante la floración provocan caídas de flor. Requiere de 350 a 400 mm durante el ciclo y prospera en regiones con precipitación anual entre 600 y 2000 mm. Son convenientes 110 -180 mm entre siembra y floración; 50-90 mm durante la floración e inicio de la fructificación. Las épocas más críticas por la necesidad de agua son 15 días antes de la floración y 18-22 días antes de la maduración de las primeras vainas. Los 15 días previos a la cosecha, deberían ser secos.

Las necesidades de agua durante el periodo son de 300 a 500 mm. Puede permitirse hasta un agotamiento de 40 a 50 % del total de agua disponible en el suelo durante el desarrollo del cultivo.

-Humedad ambiental: esta especie requiere una atmósfera moderadamente húmeda y es afectada por una atmósfera excesivamente seca y cálida.

-Temperatura: el rango térmico para crecimiento es de 2 a 27 °C, con un óptimo de 18 °C (FAO, 1994). El rango térmico para desarrollo es de 10 a 27 °C, con un óptimo de 15 a 20 °C.

Rango, 10-35 °C; con un óptimo para fotosíntesis de 25 a 30 °C. La temperatura media óptima es entre 18 y 24 °C y las mínimas de preferencia deberían estar por arriba de los 15 °C. La temperatura mínima para germinación es de 8°C, para florecer es 15 °C y para la maduración es de 17 °C. Es una especie muy sensible a temperaturas extremas y las noches relativamente frescas le favorecen.

El rango térmico para esta especie es de 10-30 °C, con un óptimo entre 16 y 24 °C. La temperatura óptima para óptimo está entre 16 y 29 °C. Altas temperaturas inducen la abscisión de órganos reproductivos, reduciendo el rendimiento.

La temperatura va de 20 a 25 °C (SEP 1990). Para siembra de otoño-invierno, las temperaturas medias mensuales óptimo para el desarrollo del cultivo de frijol, oscilan entre 20 y 28 °C; el cultivo puede resistir variaciones extremas de 12 a 35 °C, aunque no por tiempos prolongados. El frijol no tolera heladas.

El frijol desarrolla bien de 15 a 27 °C; bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que altas lo aceleran; temperaturas extremas disminuyen la floración y ocasionan problemas de esterilidad; temperaturas de 5 a 40 °C pueden provocar daños irreversibles.

La temperatura óptima para máxima fotosíntesis en tierras bajas (< 1500 m) es de 25-30 °C, y para tierras altas (>1500m) es de 15-20 °C.

-Luz: prefiere días despejados.

-Textura de suelo: los suelos óptimos son los de texturas ligeras como los franco-arcillosos y franco-arenosos; en tanto que los suelos pesados de tipo barrial son un poco menos productivos.

En sistemas de producción bajo humedad residual la productividad de los terrenos varía en forma descendente en el siguiente orden: suelos aluviales, arenosos y arcillosos. Prefiere suelos sueltos y ligeros de textura franca o franca limosa.

-Profundidad del suelo: puede prosperar en suelos delgados. Requiere de un mínimo de 60 cm de suelo; aunque son mejores para la obtención de máximos rendimientos, los suelos profundos.

La absorción de agua se produce principalmente en los primeros 0.5 a 0.7 m de profundidad.

-Salinidad: se considera un cultivo sensible a la salinidad y la reducción del rendimiento para distintos niveles de C.E. es la siguiente: 0 % a 1 mmhos/cm; 10 % a 15 mmhos/cm; 25 % a 2.3 mmhos/cm; 50 % a 3.6 mmhos/cm y 100 % a 6.5 mmhos/cm.

El frijol tolera un porcentaje máximo de saturación de sodio de 8 a 10 % y una conductividad eléctrica hasta de 1 mmhos/cm; por encima de estos niveles, los rendimientos disminuyen significativamente.

-pH: puede desarrollar en el rango de 5.3 y 7.5, con un óptimo de 5.5 a 6.5, por lo cual no tolera alcalinidad. Siendo el pH óptimo de 5.5 a 6.0.

Suelos ácidos ocasionan bajo rendimiento.

Por debajo de 5.0 el cultivo desarrolla síntomas de toxicidad de aluminio y/o manganeso, en tanto que valores superiores a 8.2 presentan inconvenientes de sal, exceso de sodio, alcalinidad y deficiencia de elementos menores.

- Drenaje: requiere suelos aireados y con buen.

2.1.6 Fertilización

El nitrógeno es un elemento muy importante en el cultivo de frijol pero se debe recordar que el cultivo es capaz de tomarlo del aire mediante los nódulos en su raíz. También necesita cantidades pequeñas de fósforo; sin embargo, este elemento, en la mayoría de los casos, no se encuentra disponible en el suelo. El cultivo tiene necesidades grandes de

potasio y calcio y requiere de una relación K:Ca de 15:1 en la parte apical. Estos elementos y otros se pueden suplir por medio del abonamiento con fórmulas comerciales.

La fertilización se efectúa en la siembra y en el fondo del surco, con base en el nivel de fertilidad, determinado mediante un análisis previo del suelo.

Se recomienda además, dos aplicaciones de abono foliar a los treinta y cuarenta y cinco días después de la siembra, como el 21-53-0 (6 g/L).

2.1.7 Superficie, rendimiento e importancia

En México, la superficie total destinada a este cultivo, según reportes del SIAP-SAGARPA (2011) es de 1'880'550 ha de las cuales solo se cosecharon 1'606'820 ha siendo siniestradas 210'143 ha con una pérdida de 63'587 ha en todo el país; con una producción de 1'138'462 ton con un rendimiento promedio de 0.709 ton/ha. Siendo los estados de San Luis Potosí, Sinaloa, Chihuahua, Durango y Zacatecas los que mayor participación tienen en el mercado nacional (con 134'475, 140'437, 154'939, 239'882 y 606'012 ha sembradas respectivamente), siendo Zacatecas el estado con mayor producción (264'315 ton), seguido de Sinaloa con 216'361 ton siendo este mismo quien tienen mayores rendimientos (1.566 ton/ha). Del total de la superficie sembrada 1'594'709 ha son sembradas bajo temporal, en las cuales se obtiene 708'028 ton con un rendimiento promedio de 0.533 ton/ha; siendo los estados con mayor participación Zacatecas (578'622 ha), Durango (236'190 ha), San Luis Potosí (127'253 ha) y Chihuahua (127'030 ha), con una producción de 220'693, 93'535, 26'152, 85'990 ton respectivamente. El estado de Chihuahua presenta los mejores rendimientos con 0.689 ton/ha.

El norte centro de México es la principal región productora de frijol del país. Se estima que el riesgo de producir frijol en condiciones de temporal en la región norte centro de México es de 15.6 %, ya que en promedio se presentan siniestros en 167,707 ha de las 1'078,372 ha sembradas con esta leguminosa. El estado de Chihuahua muestra el riesgo más alto con 23.6 %, luego Zacatecas 16.1 % y finalmente Durango con 10.2 %.(SAGAR, 2000)

Esta es una estimación promedio, por lo que es importante resaltar que entre ciclos productivos se presentan variaciones considerables.

Los principales factores de pérdida del rendimiento de frijol son sequía y plagas y en menor grado se presentan siniestros por heladas, granizo e infestación de maleza. Los productores consideran que la fertilización y control de maleza y plagas frecuentemente son efectuados de manera ineficiente por la carencia de recursos y el alto costo que implica su realización. Como consecuencia el rendimiento promedio (597 kg ha⁻¹) y volumen de producción (533,794 toneladas) son bajos, con lo cual se alcanza un valor de la producción aproximado de \$2,570'834,000 a nivel de precio medio rural.

El cultivo del frijol a demás de ser de importancia mundial (González *et al.*, 2008) debido al gran valor en la alimentación humana (Muruaga *et al.*, 1993), en México junto al maíz, representan toda una tradición productiva y de consumo, que cumple con diversas funciones de carácter alimentario y socioeconómico; aunado a que está arraigado en nuestra cultura, representa para los productores nacionales una fuente importante de ingresos. Además de no ser producido por empresas trasnacionales, ha resuelto la escasez de otros granos básicos como el trigo o el maíz (Cuéllar y Covarrubias, 2005).

2.2 Generalidades de la semilla

2.2.1 Concepto de semilla

En términos agronómicos y comerciales se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas (unidad de semilla) que se emplean en las siembras agrícolas. Botánicamente una semilla verdadera es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutricio y protegido por episperma.

Antón *et al.*, 2005 mencionan el concepto de semilla como la forma de reproducción sexual de las plantas superiores siendo la que se obtiene del fruto después de la fecundación de la flor, los frutos o partes de éstos, así como partes de vegetales o vegetales completos que se utilizan para la reproducción y propagación de las diferentes especies vegetales.

Los principales componentes de la semilla son: cubierta seminal o testa (que le confiere de 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 ovulo 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).

2.2.2 Producción de semillas

La producción de semillas se entiende como un programa organizado de un ente regulador para planificar, producir y suministrar continuamente semilla de calidad de acuerdo a demandas del mercado y en base a una metodología previamente establecida. La base de la producción de semillas es el control de calidad: entendido como “prevención de problemas”, el cual no tiene un patrón fijo, siendo determinado por el momento y el tipo de control que se desee (Casini, 2007).

2.2.3 Vida latente y longevidad de las semillas

Latencia: condición interna de la química o etapa de desarrollo de una semilla viable que impide su germinación aunque se proporcione humedad y temperaturas adecuadas para la germinación.

Latencia o dormancia: es la habilidad de las semillas para retrasar su germinación hasta que el lugar y el tiempo sea el adecuado para germinar, siempre y cuando tengan las condiciones necesarias para germinar como: luz, humedad, respiración y temperatura

Una vez que las semillas lleguen a su madurez, se observa en la mayoría de ellas que las células del embrión entran en vida latente; lo cual quiere decir que una de sus funciones como la respiración y nutrición se atenúan notablemente; y otras como la división celular se suspenden por completo.

La maduración de las semillas va acompañada casi siempre por una intensa deshidratación de sus tejidos; fenómeno que permite a las células resistir en vida latente.

La longevidad de la semilla; o sea; el tiempo que dure en la vida latente y con poder germinativo, es muy variable y depende de diversas circunstancias; como la especie de la planta; tipos de reserva que posean las mismas y del sitio en que se encuentren al salir del fruto.

2.2.4 Calidad de semilla

La calidad de la semilla depende de la sumatoria de los atributos genéticos, fisiológicos, sanitarios, físicos de la misma. Por lo tanto el máximo nivel de calidad de la semilla se logra cuando en ella estén incluidos estos componentes. Copeland y McDonald (1985) señalan que para conocer las condiciones de calidad de la semilla, la capacidad de germinación es el criterio más usado y es universalmente aceptado

El concepto de calidad de semilla para algunos autores es un grado o padrón de excelencia en ciertos atributos que van a determinar el desempeño de la semilla en la siembra o en el almacén (Hampton, 2001).

Por ende, se define como la capacidad de las semillas, cuyo vigor sea alto, para germinar de manera uniforme y producir una planta normal, con un alto grado de pureza física, varietal y fitosanitaria (Moreno, 1984; CATIE, 2000; CIAT, 1983).

La importancia de la calidad de la semilla es por lo tanto fundamental para conseguir un buen establecimiento de plantas y es el primer paso para lograr un cultivo óptimo (Borrajo, 2006).

De acuerdo al artículo 3ro de la Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas (SAGARPA, 2007) publicada en el Diario Oficial de la Federación con fecha de 15 de Junio de 2007, se entiende por calidad de semilla tres parámetros fundamentales:

-Calidad Física: Medida de la pureza física de la semilla, se expresa como el porcentaje del peso que corresponde a la semilla de la especie, con respecto al peso total de la muestra de un determinado lote;

-Calidad Fisiológica: Medida de la capacidad de la semilla para producir material de propagación fisiológicamente viable, se expresa como el porcentaje de semilla fisiológicamente viable, con respecto al total de la muestra de un lote;

-Calidad Fitosanitaria: Medida de la sanidad de la semilla que evalúa y determina la presencia o ausencia de organismos patógenos en el lote de semillas;

-Calidad Genética: Medida de la identidad genética de la semilla, se expresa como el porcentaje de semillas viables que se identifican con respecto a los caracteres pertinentes de la variedad vegetal.

2.2.5 Pruebas de calidad en semilla

La necesidad de determinar la calidad de las semillas surgió en Europa, a consecuencia de problemas en la comercialización. En el año 1869, fue creado en Alemania el primer laboratorio de semillas y en 1876, fue publicado el primer Manual de análisis de Semillas. Para 1908 con la finalidad de establecer y padronizar los métodos y los procedimientos se fundó la Asociación de Analistas Oficiales de Semillas de América del Norte, la actual Asociación Oficial de Analistas de Semillas (AOSA), de igual manera en Europa, fue fundada la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA) en 1924. Los análisis de calidad de semilla se pueden dividir en grandes grupos: Pureza, Germinación, Viabilidad, Humedad y Peso de mil semillas (Borrajo, 2006). Tales análisis proveen de información a agricultores sobre la aptitud de las semillas para la siembra, además de ser una fuerte norma regulatoria para la producción y comercialización de semillas (Delouche, 2002).

Estas pruebas, además, permiten establecer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma especie.

Normalmente no es satisfactorio probar la germinación bajo condiciones de campo, ya que no es posible repetir con seguridad los resultados. Por lo tanto, los métodos de laboratorio han sido desarrollados de tal manera que sea posible controlar la mayoría de las condiciones externas. Esto permite obtener resultados uniformes y rápidos sobre la germinación de muestras de semillas de una determinada especie.

2.3 Germinación y proceso de germinación

Germinación se define como la iniciación del crecimiento activo del embrión que da como resultado la ruptura de las cubiertas de la semilla y la emergencia de una nueva planta de semillero capaz de mantener una existencia independiente.

La primera expresión de crecimiento en la etapa de germinación corresponde a la aparición de la radícula, la cual se convierte posteriormente en la raíz primaria o principal. En la parte alta de la radícula, pocos días después de ocurrida la germinación, se desarrollan entre tres y siete raíces secundarias.

El hipocotilo, que corresponde a la parte subterránea del tallo principal, comienza a expresarse uno a dos días después que la radícula y conduce a los cotiledones hacia arriba hasta posicionarlos por sobre el nivel del suelo. El término de la etapa de germinación y el comienzo a su vez de la etapa de emergencia, corresponde al momento en que el hipocotilo asoma sobre el suelo junto a los cotiledones.

Los cotiledones, por su parte, una vez que emergen y se despliegan, dan lugar al crecimiento del epicotilo; éste corresponde a la porción del tallo que se ubica entre los cotiledones y el primer par de hojas primarias o unifoliadas.

La plúmula, por otra parte, que viene diferenciada en la semilla, se encuentra a continuación del epicotilo, estando constituida por la yema terminal y los primordios de las primeras hojas trifoliadas.

La emergencia de la planta es epígea, es decir los cotiledones emergen del suelo, el periodo entre siembra y emergencia es variable y dependerá de la profundidad de siembra y la temperatura del suelo, cuando la textura y el contenido de humedad de éste no impone alguna limitación (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas; FENALCE, http://www.fenalce.org/pagina.php?p_a=51)

2.3.1 Prueba de germinación estándar

Moreno (1984) menciona que las pruebas de germinación tienen el objetivo de obtener información con respecto a la capacidad de las semillas para producir plántulas normales, bajo condiciones adecuadas.

La prueba de germinación que se hace para fines de control oficial son de 400 semillas, para cualquier otra prueba 200 semillas, dichas pruebas son hechas en repeticiones de 50 a 100 semillas cada una. Usando papel absorbente, previamente humedecido y cubiertas con otro papel pre-humedecido, enrollándose y colocadas en posición vertical en el germinador; el cual deberá estar a una temperatura constante de 25°C (entre 20 y 30°C), periodo en el cual es importante mantener la humedad de la semilla, tanto el exceso como deficiencia de humedad impiden la germinación de estas. Cuando se usa papel absorbente, el primer conteo se realizará a los cinco días y un segundo conteo a los nueve días. (CIAT, 1983).

Sánchez *et al.*, (2006) definen la germinación, bajo un ensayo de laboratorio, como la emergencia y desarrollo de aquellas estructura esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad para producir una plántula normal bajo condiciones favorables; distinguiéndose germinación epigea (en esta los cotiledones son empujados hacia la superficie del suelo por el alargamiento del hipocotilo), e hipogea (la cual se caracteriza porque los cotiledones permanecen en el suelo, siendo la emergencia, por alargamiento del epicotilo). Por su parte Moreno (1984) define germinación como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una plántula normal bajo condiciones favorables.

Un análisis fisiológico define a la germinación como un conjunto de procesos que se producen en la semilla desde que el embrión comienza a crecer hasta que se ha formado una pequeña planta que puede vivir por sí misma, independiente del alimento almacenado en la semilla, presentándose una serie de procesos: imbibición (período durante el cual el agua que rodea a la semilla pasa a través de las envueltas seminales, penetra en su interior y al llegar al embrión, en cantidad suficiente, éste se activa), digestión y transporte de alimentos (liberación de enzimas digestivas que disuelven parte del alimento que es absorbido desde el tejido almacenador hasta el embrión), elongación celular (el embrión utiliza las proteínas, las grasas y los hidratos de carbono, digeridos y absorbidos desde el

tejido de almacén de alimentos, para respirar y para alargar sus células, la multiplicación celular no comenzará hasta que no haya terminado este proceso de alargamiento celular) y germinación visual (De la Cuadra, 1992).

Para Delouche (2005), la germinación no es más que la manifestación de la calidad fisiológica de las semillas, la cual se entiende como la capacidad que tiene las semillas de realizar su función primaria de propagación, la cual puede ir de cero a una total y perfecta capacidad.

De la Cuadra, (1992) menciona que para que se lleve a cabo la germinación deben existir una serie de condiciones externas (disponibilidad de agua, temperatura adecuada y luz) e internas (viabilidad, madurez morfológica y fisiológica y permeabilidad al agua y oxígeno).

Para la cuantificación de la germinación, solo se consideran las plántulas que desarrollaron normalmente, conocidas como plántulas normales, distinguiéndose de las demás; que bien pueden ser plántulas anormales, semilla muerta o semilla dura.

Plántulas normales. Aquellas que poseen las estructuras esenciales para producir, plantas normales y vigorosas bajo condiciones favorables (agua, luz y temperatura) (Moreno, 1984 y CIAT, 1983). Por su parte el CIAT (1983) considera las siguientes características de las plantas normales: raíz primaria bien desarrollada con o sin raíces secundarias, hipocotilo bien desarrollado y con tejidos intactos, epicotilo intacto con un par de hojas primarias desarrolladas y cotiledones intactos.

Plántulas anormales. Moreno (1984) y CIAT (1983) consideran anormales a aquellas que presenten alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales, que les impide su desarrollo normal bajo condiciones favorables, ya sea por morfológicos o fisiológicos. De igual manera el CIAT (1980) considera ciertas características de las plantas anormales: carecen de cotiledones, presentan los cotiledones desintegrados, no muestran hojas primarias, carecen de raíz primaria, no tienen raíz primaria y el hipocotilo es corto y grueso además de tener raíces débiles y el hipocotilo dividido.

Semilla dura. Semilla que no expresa su poder germinativo al final de la prueba de germinación, ya que presentan un tegumento con características especiales que impiden la entrada de agua (cubierta impermeable) (Moreno, 1984 y Galussi, 2007).

2.3.2 Vigor

En 1977 el Comité de pruebas de vigor de la ISTA, propuso la siguiente definición de vigor: “El termino vigor de la semilla es la suma de todas las propiedades las cuales determinan el nivel potencial de actividades y comportamiento de la semilla o de un lote de semillas durante la germinación y emergencia de la plántula”. (ISTA, 1985)

AOSA (1983) menciona que el vigor de las semillas comprende aquellas propiedades, las cuales determinan el potencial para una rápida y uniforme emergencia y desarrollo de la plántula normal bajo un rango de condiciones de desarrollo de campo.

Se define vigor como la suma total de todos los atributos de las semilla, que favorecen un establecimiento rápido y uniforme en el campo aun bajo condiciones desfavorables.

2.3.3 Calidad fisiológica

La capacidad germinativa y el vigor son los principales atributos involucrados en el componente de calidad fisiológica de la semilla. El vigor en semillas es el potencial biológico de ésta que favorece el establecimiento rápido y uniforme bajo condiciones, incluso desfavorables, de campo. En tanto que germinación es el proceso fisiológico mediante el cual emergen y desarrollan, a partir del embrión, las estructuras esenciales para la formación de una planta normal bajo condiciones favorables (Delouche, 2002). La semilla presenta el mayor vigor y potencial germinativo cuando alcanza la madurez fisiológica.

En esa etapa la semilla tiene el peso seco máximo (ha acumulado mayor cantidad de reservas nutritivas) y el embrión ha completado su desarrollo. A partir de este momento se inicia el proceso de deterioro de la semilla, en forma continua e irreversible, hasta perder su capacidad germinativa. El proceso de deterioro de las semillas es influenciado por factores genéticos y ambientales, primero se deteriora el vigor y posteriormente la germinación. En cuanto a los factores genéticos, estos se hacen presentes al observarse diferencias entre variedades o genotipos y una de las pruebas indirectas que permite observar esas diferencias en un tiempo reducido, es la del envejecimiento acelerado de la semilla. En esta prueba la semilla se somete a condiciones de temperatura y humedad relativa altas por un tiempo que varía según la especie. Estas condiciones inducen un

incremento en el ritmo de deterioro fisiológico de la semilla y, por lo general, existe alta correlación entre porcentaje de semillas que sobreviven al tratamiento y el porcentaje de emergencia en el campo.

2.3.4 Madurez fisiológica

La madurez fisiológica es una etapa importante, ya que en ese momento la semilla alcanza valores máximos en cuanto a peso seco, capacidad germinativa y vigor.

Durante el periodo de maduración de la semilla se observa modificaciones, fisiológicas y bioquímicas, tales como: disminución de humedad acumulación de materia seca, desarrollo de estructuras esenciales, incremento en el tamaño y aumento en el nivel de sustancias de reserva, cambio de color, entre otras (Popinigis, 1985).

Es el término en general para la etapa de un ciclo de vida de las semillas, cuando el desarrollo es completo y los componentes bioquímicos necesarios para todos los procesos fisiológicos están activos o listos para ser activados.

2.3.5 Tasa de crecimiento de plántulas

Peso seco de Plántulas

Aunque las diferencias en vigor de plántulas son visualmente obvias, con frecuencia existe dificultad en obtener reproductividad en categorías tales como fuertes o débiles. Algunas pruebas de vigor son conocidas en las mismas condiciones que la prueba de germinación estándar, sin embargo el crecimiento de plántula es medido o evaluado de modo diferente. Dentro de esta tipo de pruebas se ubica la Tasa de Crecimiento de Plántulas (SGP) que permite una evaluación objetiva de las diferencias en la velocidad de crecimiento, que pudieran ser reproducibles y exactas.

La prueba se basa en el concepto de que las semillas vigorosas son capaces de sintetizar más eficientemente nuevos materiales nutritivos y transferir rápidamente estos nuevos productos al eje embrionario en crecimiento, resultado en las acumulaciones de peso seco.

2.3.6 Materia Seca

El porcentaje de materia seca se refiere a la cantidad de alimento menos el agua contenida en dicho alimento, en otras palabras, si una muestra de alimento "X" se somete a un calor moderado (típicamente 65°C por 48 horas) de tal modo que toda el agua se evapore, lo que queda es la porción de materia seca de ese alimento. Suponiendo que se desea saber el contenido de materia seca de una muestra de ensilado de maíz, se colocan 200 gramos de la muestra en el horno y al final del periodo de secado recuperamos 70 g. Éstos 70 g representan la porción de materia seca, lo que también indica que 130 g eran agua y se evaporaron. Si expresamos estos números en porcentaje de materia seca, se determina que la muestra contiene 35% de materia seca y 65% de humedad, y se calcula de la siguiente manera: (<http://www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/articulos/materia-seca-t3585/089-p0.htm>)

$$\left(\frac{70 \text{ gramos muestra seca}}{200 \text{ gramos muestra húmeda}} \right) \times 100 = 35$$

$$\left(\frac{200 \text{ gramos muestra húmeda} - 70 \text{ gramos muestra seca}}{200 \text{ gramos muestra húmeda}} \right) \times 100 = 65$$

La región tropical de México ocupa aproximadamente el 35 % del territorio nacional, estas áreas se caracterizan por un elevado potencial para la explotación ganadera, donde se sostiene el 50 % del ganado bovino del país. Los productores de forraje se enfrentan con varios problemas relacionados con la obtención en cantidad y calidad de materia seca para la alimentación de los animales, siendo uno de ellos la nutrición de las plantas. Esta práctica tradicionalmente la realizan mediante la aplicación de fertilizantes inorgánicos, los cuales en los últimos años han incrementado sus costos en más de 200%, afectando el valor de la producción y además, su uso contribuye en la contaminación ambiental por la excesiva aplicación de los fertilizantes. Para contrarrestar este tipo de problemática, surgen algunas alternativas viables para apoyar la práctica de fertilización de praderas, entre ellas se encuentra el uso de los abonos orgánicos e inorgánicos mezclados, para un mejor desarrollo vegetativo y producción de materia seca en plantas forrajeras.

Los abonos orgánicos, requieren de cierto tiempo para transformarse en material que pueda ser aprovechado por las plantas, por lo que se necesita que en el corto plazo, existan otras sustancias que nutran inmediatamente a la planta; tal es el caso de usar los fertilizantes inorgánicos mezclados como alternativa para el mejor aprovechamiento de los abonos orgánicos y óptimo desarrollo vegetativo y productivo en una pradera. La aplicación de los sustratos orgánicos difiere en el comportamiento vegetativo y productivo de los pastos forrajeros. El uso de los sustratos orgánicos de diferente composición natural y origen para la producción de materia seca en los pastos forrajeros producen incrementos de 2.02 a 22.9 t/ha. La adición de fertilización química a los sustratos orgánicos incremento la producción de materia seca de 0.06 a 6.03 t/ha (Radillo, 2009).

La inoculación de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) con *Glomus intraradices* aplicado a la semilla en dosis de 500 y 650 gramos, tuvieron efecto positivo en el crecimiento expresado en mayor altura, mayor área foliar y acumulación de materia seca. (Reveles, 2011)

2.4 Uso de bioestimulantes en semillas

En los últimos años han aparecido en el mercado algunos productos llamados “Bioestimulantes”, los cuales incluyen en su formación, ácidos húmicos, algas marinas y extractos vegetales (Reyes, 1992)

El termino bioestimulante se ha utilizado para distinguir a aquellas sustancias que contienen microorganismos (MICs) vivos que cuando se aplica a la semilla planta o suelo, colonizan la rizófera o el interior de las plantas y promueven su crecimiento, debido al incremento de los nutrientes que ponen a su disposición de las plantas (Vessey, 2003)

El uso de inoculantes biológicos (bioestimulantes) incorporados como tratamientos de semilla es una práctica que ha incrementado su difusión en el mundo. Esto es debido a que, en varios experimentos de campo, los microorganismos incorporados han demostrado potencialidad para aumentar el rendimiento de los cultivos (Ferraris y Couretot, 2006). Mientras diversas bacterias de la rizósfera muestran antagonismo hacia hongos patógenos, otras estimulan el desarrollo de la raíz, favoreciendo su anclaje y exploración del suelo, lo cual facilita la absorción de agua y nutrientes (Bolletta *et al.*, 2002; Bilbao y Fernández Palma, 2007).

Los bioestimulantes aplicados al cultivo aparecen como una herramienta útil para atemperar los efectos de las deficiencias hídricas. La mezcla de dos o más reguladores vegetales o de reguladores vegetales con otras sustancias (aminoácidos, nutrientes, vitaminas, etc.) es denominada bioestimulante. Este producto químico puede, en función de su composición, concentración y proporción de las diferentes sustancias, incrementar el crecimiento y desarrollo vegetal, estimulando la división celular, diferenciación y alargamiento de las células, favorecer el equilibrio hormonal de la planta, pudiendo también aumentar la absorción y utilización de agua y de nutrientes por la plantas (Viera y Castro, 2002).

Con el uso de productos bioestimulantes, la producción de plántulas en vivero se hace más eficiente, que estos permiten obtener plantas vigorosas las mismas que por tener cualidades especiales, vigor y mayor resistencia a plagas y enfermedades, se desarrollan con más rapidez esto hace que los plántulas reúnan rápidamente todas las características para ir al campo definitivo. El futuro de una plantación está asegurada con la calidad de los plántulas que se obtienen y para estos interesa mucho el tratamiento que se de en vivero. (Rodríguez, 2009).

Según Bietti y Orlando (2003), los bioestimulantes son capaces de incrementar el desarrollo, la producción y/o crecimiento de los vegetales son productos no nutricionales que pueden reducir el uso de fertilizantes y aumentar la producción y la resistencia al estrés causado por temperatura y déficit hídrico.

Los métodos de biofertilización más empleados han sido la aplicación en semillas, la inmersión de plántulas y la aplicación en el suelo (Hegde 1992, Sharma *et al.* 2008), el método de aplicación dependerá del tipo de cultivo. La formulación del inóculo, el método de aplicación y el almacenamiento del producto son críticos para el éxito de los productos biológicos (Chen, 2006). Asimismo, el momento de la inoculación (en la siembra o en la emergencia de las plántulas, o varios días después de la aparición de 1 a 4 hojas verdaderas), también parece ser crucial en determinar la colonización exitosa de los inoculantes microbianos e influenciar el crecimiento de las plantas (Bashan, 1986).

En los extractos vegetales, las hormonas van en cantidades muy pequeñas y viables de un lote a otro y biosíntesis en la planta varía con el clima y edad de la planta, pero los procesos fisiológicos para realizarse requieren de la interacción entre varias hormonas (Salisbury y Ross, 1978).

2.4.1 Pretratamientos

Los tratamientos pre-siembra de la semilla tienen como objetivo mejorar la supervivencia o germinación de estas después de la siembra CATIE (2000).

Al hablar del tratamiento de semillas en la actualidad, no se refiere exclusivamente al tratamiento químico para la protección de las semillas de la acción de los microorganismos y de los insectos, lo que normalmente se entendía en el pasado, sino a la diversidad de técnicas que se han desarrollado para mantener la calidad de las semillas, y aun para mejorarla. Entre estas técnicas, comprendidas dentro de los que se conoce como tratamiento de semillas, se encuentran las siguientes: (a) tratamiento de las semillas con microorganismos antagónicos a los patógenos del suelo; (b) recubrimiento o peleteado de las semillas para uniformizar su tamaño, o incorporar sustancias benéficas a las semillas; (c) aplicación de tratamientos que estimulan el vigor de las semillas y de las plántulas; (d) así como tratamientos que regulan la interacción de la humedad de las semillas y el ambiente que las rodea (Taylor y Harman, 1990).

2.5 Regulador de crecimiento Biozyme ST

Es un estimulante de germinación y principio de desarrollo en tratamiento de semillas obtenido de extractos de origen vegetal, cuya aplicación a las semillas incrementa al máximo su potencial genético natural.

Este compuesto, cuando se aplica induce una más rápida y uniforme germinación de las semillas, además mejora el desarrollo del sistema radicular, con lo que se da protección a condiciones adversas en sus primeras etapas de desarrollo (Bioenzymas, 1981 y Gaceta Agrícola, 1980).

Cuadro 2.1 Composición Biozyme ST

Microelementos	% en peso
A base de Fe	0.49
A base de Zn	0.37
A base de Mn	0.12
A base de Mg	0.14
A base de B	0.30
A base de S	0.44
Gibereleninas	0.15
Extractos de origen vegetal	64.25
Diluyentes y acondicionadores	33.74

En la Gaceta agrícola (1981), dicen que el Biozyme es un estimulante del crecimiento vegetal, que se utiliza para proteger los cultivos de ciertas condiciones adversas durante su crecimiento y desarrollo, permitiendo que las plantas tratadas toleren condiciones adversas de frío, humedad y sequía, mejor que las plantas no tratadas.

Bioenzimas (1989), menciona que Biozyme TS (Tratamiento de semillas) y Biozyme PP (Polvo plus), son reguladores de crecimiento de origen natural constituidas por un complejo hormonal de giberelinas, auxinas y citocininas y cuyo uso es exclusivo para tratamiento de semillas de las diferentes especies cultivadas. Tiene la propiedad de activar los procesos bioquímicos como lo son reacciones enzimáticas, lo cual permite mejorar y acelerar la conversión de la reserva energética necesaria para el crecimiento y desarrollo del embrión cuando recibe el estímulo de la humedad, obteniendo de ella una rápida y uniforme germinación, además de favorecer el crecimiento de la plántula en su fase inicial (raíz y talluelo), permitiendo así una mayor establecimiento de cultivo al inicio y mayor resistencia a condiciones ambientales adversas, garantizando de esta manera una mayor población de plantas por unidad de superficie.

Componentes del Biozyme TS

El Biozyme TS contiene extractos de origen vegetal como fuente de fitohormonas y enzimas ocupando un 80.83 %; mientras que de giberelinas (74.4 ppm), ácido indolacético (33.0 ppm) y de zeatina (128.7 ppm) ocupan el 0.2355 %; y los diluyentes y acondicionadores el 19.17 %, sumando todo esto al 100%.

Componentes del Biozyme PP

Los componentes de Biozyme; el 27.50 % son extractos de origen vegetal como fuente de fitohormonas y enzimas, el 0.008855 % de giberelinas (28.50), ácido indolacético (12.25 ppm) y zeatina (47.80 ppm), el 72.50 % de los inertes y acondicionadores. La aplicación de Biosyme en semillas tiene como propósito estimular la actividad de los procesos fisiológicos de la semilla por medio de enzimas, citocininas, auxinas y giberelinas, tratando de acelerar los procesos de germinación en que intervienen, uniformándola y logrando un mejor desarrollo del sistema radicular además de esto se busca aumentar la protección de la plántula en las primeras etapas de desarrollo después del trasplante (Alcaraz, 1986).

Al trabajar con reguladores del crecimiento para la estimulación fisiológica de semillas de maíz, trigo, sorgo arroz, encontró que el Biozyme PP en dosis altas provocaron los mejores efectos en maíz, trigo y sorgo en cuanto al cultivo de arroz, los productos Biozyme PP Y Biozyme TS en sus dosis medias fueron los mas eficientes en germinación.

Cuando se realizaron pruebas de germinación y vigor de plántulas en invernadero con 15 cultivares de semillas de trigo y siendo de soya. Los tratamientos aplicados a semillas de trigo fueron: plaguicidas mas Biozyme TS y en soya Biozyme PP. Todos los parámetros evaluados fueron afectados positivamente con los productos de Biozyme, incrementando la velocidad de emergencia, reduciendo el número de plántulas anormales y mejorando el vigor.

Gonzales (1989), hizo una demostración en la aplicación de Biozyme TS en semillas de trigo con baja viabilidad (75 %), la semilla incrementa la velocidad de germinación en 36 %, así como el vigor de plántulas; además de que incremento la velocidad de germinación en un 41.5 % en semillas con un 100 % de viabilidad con relación al testigo. Y en semillas de sorgo que presentaron viabilidad de 64 y 65 % se incremento en un 9.5 y 3.25 %

respectivamente, reduciendo el número de plántulas anormales y aumentando la velocidad de germinación.

Hernández (2002) en la investigación que realizó demostró que Biozyme PP en concentraciones de 1 g, aplicadas en semillas de maíz, presentó mejor comportamiento que en la semilla de trigo.

2.6 Algas

Las algas son utilizadas por el hombre de varias maneras, de las cuales se obtienen el agar; como alimento para el hombre, se aplica también como fertilizantes en suelos agrícolas. (Walter, 1982 y Marshali, 1987)

Teusher (1982), menciona que las algas se usan como abono verde, empleándose en zonas costeras por más económico, las algas se descomponen rápidamente debido a que no tienen fibras, por lo tanto se deben enterrar lo más pronto posible. La finalidad de su aplicación es la de fertilizar y acondicionar el suelo.

Análisis hechos por investigadores, dicen que su contenido de potasio es relativamente alto y el fosforo es muy bajo; una aportación de 25 ton /ha puede proporcionar 50 kg de fosforo y 50 kg de potasio además algo de materia orgánica.

De acuerdo con el conocimiento de las comunidades nativas del suelo y biofertilizantes de ciano-bacterias, investigadores de campo y laboratorio han demostrado que la humedad es uno de los factores que controla la reproducción de las microalgas inoculadas en la superficie del suelo.

2.6.1 Las algas y su aplicación en la agricultura

La importancia comercial de las algas en varias formas, en el pasado se utilizaban como fertilizante, y acondicionadores de suelos, ya que estas proporcionan micro elementos y potasio, como forraje, y como complemento de la dieta humana en algunos países, aunque no en la misma magnitud que las algas rojas. Hoy en día en uso comercial más importante de de estas algas es como fuente de ácido uránico que se utiliza como estabilizador de ciertos productos.

En aplicaciones como tratamiento de los cultivos mencionamos: Harina de algas aplicada al suelo, el cual tiene dos funciones, como fertilizante que promueve el crecimiento de las plantas por el medio de la liberación gradual de los nutrientes minerales, y como acondicionador de los suelos, da mejor aireación y la estabilidad de los agregados (Stephenson 1974: Seen y Kigman, 1978).

Fertilizantes foliares, tratamiento de semillas, tratamiento de raíces por inmersión, ha tomado mas importancia que la harina de algas aplicado al suelo; esto se atribuye a su fácil almacenamiento y transporte ya que su eficiencia biológica en su componente son mas disponibles cuando son aplicados directamente que cuando se les incorpora al suelo (harina de algas)

2.6.2 Efecto de las algas en las plantas

Los efectos que ocurren con la aplicación de algas son: altos rendimientos, incremento en la toma de nutrientes, cambios en la composición de los tejidos y mayor resistencia a las heladas, a las enfermedades fungosas y al ataque de los insectos, prolonga la vida de anaquel de los fritos y mejora la germinación de las semillas.

Esto hace suponer que todos estos beneficios que aportan las algas dependen de las propiedades quelatantes de ciertos componentes mejora la absorción de los elementos mayores y menores ó, por la presencia de las sustancias que favorecen el crecimiento de las plantas, así como también elementos traza. (Senn y Kigma, 1987)

Stephenson, (1974) y Senn, (1978); mencionan que la presencia de iones que las algas componen, no es adecuada por si sola como posible aplicación en el mejoramiento y crecimiento de las plantas, debido a que las cantidades que se aportan son muy pequeñas, (fracción de kg/ha). (Bluden, 1977).

Los componentes que en bajas dosis inducen respuesta fisiológica en las plantas se les denomina: reguladores del crecimiento en los preparados comerciales

2.6.3 Algaenzims^{MR}

ALGAENZIMS es un potenciador orgánico de uso foliar y al suelo las sustancias activas que lo constituyen son Enzimas , Extracto de algas, es un producto orgánico preparado a base de algas marinas (*Sargassum acinarium L.*) que provoca en las plantas respuestas favorables entre las cuales está un aumento considerable en la protección contra algunos parásitos y enfermedades, además de que se tiene una recuperación ecológica al no ser contaminante en su aplicación y en su actividad.

El mar en los lugares donde se desarrollan las algas, es una solución rica en nutrientes donde, por el proceso de homogenización y con el paso del tiempo, se encuentran todos los elementos necesarios para la vida, a diferencia del suelo, donde, por su heterogeneidad, pueden haber extremos en deficiencias y toxicidades.

Las algas marinas, contienen todos los elementos mayores, menores y elementos traza que ocurren en las plantas, mencionándose como indicio los anotados en la etiqueta; sustancias naturales con efectos similares a los reguladores de crecimiento de las plantas tales como: auxinas, citoquininas (citocininas) y otros como las giberelinas, algunas en más de 1,000 ppm, agentes quelatantes, vitaminas, carbohidratos, proteínas, aminoácidos y complejos enzimáticos.

Los microorganismos marinos mencionados, sintetizan enzimas (marinas), cuyas acciones van más allá que las de las enzimas continentales (las que sintetizamos los seres continentales), que mejoran (rehabilitan) los suelos y, conjuntamente con los demás componentes, vigorizan las plantas.

Un complejo de nutrientes, pues las algas de mar (materia prima de Algaenzims^{MR}), contienen: todos los elementos mayores, elementos menores y traza que ocurren en las plantas, importante como fertilizante (conforme a la ley del mínimo) y, como caldo de cultivo para los microorganismos. Aporta, además: un complejo de enzimas marinas, reguladores de crecimiento de las plantas, proteínas, aminoácidos, carbohidratos, oligosacáridos, vitaminas, sustancias biocidas contra plagas y enfermedades.

Según Palau Bioquim, S.A. de C.V., la dosis aplicada a los cultivos de frijol, soya, garbanzo y algodón son de 1 L/ha⁻¹ a suficiente área foliar, o 1 L/ha⁻¹ al 1o. ó 2o. riego.

Las algaenzimas han sido probadas en los campos de Estados Unidos para aumentar la producción con resultados satisfactorios, pero en los campos mexicanos son poco conocidas, lo que nos ofrece una buena opción para realizar el presente trabajo, ya que en nuestro país casi no existe información de trabajos que fuesen realizados utilizando a esta especie con la finalidad de explotar su potencial. (Canales, 1997)

García *et al.*, (2003) determinaron que la aplicación de extractos de algas ACADIAN ATAN 0010FoF y 0029 FoF, en dosis de 1.0 y 2.0 l/ha. En cultivo de tomate (híbrido LSL 460), incrementaron el rendimiento de frutos entre un 35 a 68%, observándose mayor firmeza y menor pérdida de peso en los frutos de plantas tratadas con extractos de algas en relación al testigo.

La aplicación de AlgaEnzimS (1 l/ha) mas composta (12 ton./ha) indujeron en el cultivo de brócoli mayor rendimiento medio en floretes (422.60 grs.) y mayor área foliar mas florete (1.214 grs.) (Barrera *et al.*, 2003)

Pérez (2004) concluyo que aplicaciones de AlgaEnzimS (3.75 l/ha), Megafol (0.75 l/ha), Pro Enzim (0.625 l/ha) y Opti suelo (6 l/ha), en chile serrano variedad "tampiqueño 74" no influyen en la altura de la planta, pero si para diámetro de tallo (donde Opti suelo resulto mejor, 1.82 cm), precocidad en floración (Megafol, a 27 días) y rendimiento (Algaenzims y Megafol aumentaron en 11 Ton/ha la producción comercial de fruto de chile). Sin embargo, en costos de producción se recomienda AlgaEnzimS.

Martínez *et al.*, (1999) determinaron que aplicaciones del producto Alga Enzims indujeron en papa (variedad Gigant) una mayor cantidad de proteína en los tubérculos (9.3%), además de presentar valores de fibra dietética, humedad y ceniza (5.84, 84.56 y 6.20% respectivamente) por arriba del testigo, como respuesta a las aplicaciones del producto en las modalidades: suelo, follaje y suelo-follaje.

Martínez *et al.*, (2000) determinaron que en las variedades de frijol Negro, Blanco, Pinto Americano, Bayo y Peruano la aplicación foliar de AlgaEnzimS (1:600 y 1:300) en diferentes momentos induce mayor número de nodos y aumenta la longitud de los entrenudos.

De igual manera la aplicación de Alga Enzims sobre plántulas de 30 días de dos variedades de sorgo (Río Bravo y P-83G66), indujo diferencias significativas para longitud de tallo, largo y ancho de hoja, número de hojas por planta y ancho de hoja ligulada, así

como también para contenido de Mg, Na, K, Mo, Mn, Ni, Cu, Zn y Cd (Martínez *et al.*, 2002).

Barreto (1999) encontró una respuesta positiva en las variables estudiadas (diámetro del tallo, número de guías por planta, longitud de guía principal, análisis de suelo, análisis foliar, rendimiento, calidad de fruto), además de un aumento en el número de frutos/m² (6.4), en los híbridos de melón Santa Fe y Colima, al aplicar Alga Enzims (en tres etapas del cultivo), a una dosis de 0.5 L/ha.

Díaz (2005), reporta que la aplicación de Alga Enzims líquido y en polvo en diferentes dosis (10, 13.3 y 20 mL/L y 100% en polvo) bajo diferentes tiempos (30, 60 y 120 min.), indujo una mayor capacidad germinativa en la semilla de cebolla variedad Lumina (logrando un incremento del 16.6% alcanzar valores de 70% de germinación).

2.6.4 Algaroot ^{MR}

Es un regulador de crecimiento natural de aplicación al suelo y foliar que contiene giberelinas, citocininas y auxinas naturales contenidas como parte inherente de los extractos de las algas marinas (*Sargassum spp.*), Gobernadora (*Larrea tridentata*) y Agave (Agave spp), además de elementos nutricionales inorgánicos

ALGAROOT mejora el desarrollo y crecimiento del sistema radicular, produciendo raíces más grandes y fibrosas, dando como resultado, plantas con una menor capacidad de adaptación en medio ambiente desfavorable y a la vez más aptas para la absorción de nutrimentos por la raíz y su traslado al resto de la planta, esto es debido, a su balance hormonal y nutrimental del producto.

Su composición del este regulador se muestra en el Cuadro 2.1 siguiente.

Cuadro 2.2 Garantía de composición de producto ALGAROOT mr

Elementos	% p/p
Auxinas Totales	3510ppm
Giberelinas Totales.	112ppm
Citocininas Totales.	146ppm
Ácidos Fúlvico.	1.081%
Fósforo (P2 O5).	4.08%

Funciones fisiológicas

- Desarrollo de un buen sistema de raíces
- Raíces con mayor capacidad de absorción y transporte nutrimental.
- Rápida adaptación de plántulas en campo abierto.
- Rápida regeneración del sistema radical en plantas afectadas por diversos tipos de estrés (ataque de plagas y enfermedades, rotura mecánica de raíces).
- Frutos más grandes.
- Uniformidad en sus cosechas.

Gracias a su balance entre sus componentes, estimula, promueve y acelera el crecimiento de las raíces en los cultivos agrícolas. Esta combinación favorece el desarrollo de un buen sistema de raíces, mucho mejor que si utilizan de manera independiente, además, una vez que se genera el estímulo, las sustancias húmicas, el fósforo y los extractos vegetales que contiene, complementan parte de la demanda nutrimental.

2.7 Micorrizas

El término micorriza se refiere a la combinación de las palabras mikos del griego (hongo) y el término latino rhiza (raíces) por lo tanto señala básicamente la asociación simbiótica entre los hongos y las raíces de la planta entre los tipos de micorrizas observados en la naturaleza uno se encuentra en la mayoría de las plantas cultivadas. La micorriza arbuscular, que vive en asociación aproximadamente con 85% de plantas herbáceas (Read, 1984).

Las micorrizas son las asociaciones simbióticas que se forman entre las raíces de la mayoría de las especies de las plantas con los hongos. Estas simbiosis son caracterizadas por el movimiento bilateral de los alimentos donde el carbono fluye al hongo y los alimentos inorgánicos se mueven a la planta, de tal modo se forma un acoplamiento crítico entre la raíz de la planta y el suelo. En suelos estériles, los alimentos tomados por los hongos micorrizicos pueden conducir al crecimiento vegetal y a la producción mejorada. Consecuentemente, las plantas micorrizadas pueden ser a menudo más

competitivas y tolerar un mayor estrés ambiental que las plantas no micorrizadas. (Sylvia, 1990)

Las micorrizas son pequeñas raíces o pelos radicales de muchas especies, en su mayoría árboles, que se han infectado con hongos y forman una asociación de larga vida en la que el hongo vive dentro o sobre de las células de la raíz. Un manto o vaina de hifas fungales pueden rodear la raíz, actuando esencialmente a manera de esponja y reemplazando los pelos radicales que no crecen, o no pueden hacerlo. Ocurren algunos cambios morfológicos, en particular de raíces cortas y muy ramificadas con expansiones en forma de clava en sus extremos; estas pueden resultar de la actividad auxínica pueden estimularse mediante la aplicación de IAA, y se sabe de muchos microbioente que forman esta sustancia. Están involucrados numerosos hongos (pueden ser miembros de Basidiomycetes, Hymenomycetes o Gasteromicetes) y algunas de las asociaciones que se forman no son muy específicas. Ciertas cetos comunes de los bosques son los cuerpos fructíferos de hongos micorrizicos. Como algo peculiar, estos hongos usualmente no segrean celulasas o proteases. (Bidwell, 1993)

Ciertos factores desconocidos pueden estar involucrados en el establecimiento de asociaciones micorrizicas, si bien los hongos se desarrollan en un medio complejo su crecimiento se acentúa considerablemente si se cultivan con ellos algunas piezas de raíces de árbol. Aparentemente cierto exudado de la raíz controla y aun impide la entrada del hongo. Las raíces del tomate impiden la entrada de hongos, y en las del pino la infección se circunscribe a partes específicas de pequeñas raíces. (Cronquist, 1982)

Las simbiosis micorrizicas no son unilaterales; el hongo absorbe azúcar del huésped, y otros factores tales como vitamina B, α cetoácidos, y aminoácidos. Por otra parte, la absorción de minerales por las raíces se incrementa considerablemente por la presencia de micorrizas, tal vez debido a cambios de permeabilidad normal de muchos árboles. Aunque inicialmente se pensó que funcionaba solo como órganos para el suministro de nutrimentos de la planta huésped. Por los trabajos realizados por el fisiólogo canadiense U. Slakisse obtuvo que la planta huésped recibe también hormonas del crecimiento (tales como auxinas y citocinas) del hongo simbiótico. Este exceso de hormonas afecta profundamente no solo la apariencia externa sino también morfología interna de las raíces, ellas bien pueden ser responsables de una mayor eficiencia en la movilización y transporte de nutrimentos en la planta huésped; asimismo, el color verde más intenso y la acentuada resistencia a la temperatura y la sequia de las plantas con micorrizas pueden

atribuirse al incremento en la concentración hormonal en la planta huésped. (Croquist, 1982)

Las asociaciones micorrizas pueden ser complejas y extensas involucrando más de un macrosimbionte. Se pensó originalmente que las plantas heterotróficas carecen de clorofila del género *Monotropa* (pipa de indio y otras) que vive en el suelo de bosques templados de coníferas, eran saprofitas. Ahora se sabe que ellos obtienen su nutrición de los árboles vecinos mediante el paso de sales y carbohidratos vía hifas micorrizicas, las cuales están asociadas con sus propias raíces y las de los árboles cercanos. (Bidwell 1983)

Las prácticas de cultivo tales como labranza, rotación de cultivos, y roturación pueden afectar las poblaciones de hongos micorrizicos en el campo. Donde es bajo o ineficaz el potencial nativo del inoculo, las estrategias de la inoculación pueden ser provechosas. Con el estado actual de la tecnología, la inoculación es la más factible para las cosechas de especies trasplantadas y de las áreas donde el disturbio del suelo ha reducido grandemente el potencial nativo del inoculo. (Sylvia, 1990)

El termino de micorriza vesiculo- arbuscular (VAM) fue aplicado originalmente a las asociaciones simbióticas formadas por todos los hongos *Glomales*, pero porque a su suborden importante le falta la capacidad de formar vesiculas en raíces. El orden *Glomales* se divide más a fondo en las familias y los generos según el método de formación de la espora. Las esporas de los hongos son muy distintas. Se extiende en diámetro a partir de 10 milímetros para el tenue de *Glomus* a más de 1.000 milímetros para alguna *Scutellospora* spp. Las esporas pueden variar en color de hialino (claro) al negro y en la textura superficial de liso a altamente adornado. *Glomus* forma esporas en los cuellos finales de las hifas, *Acaulospora* forma hifas lateralmente y el cuello y *Entrophospora* forma esporas dentro término del cuello hifal. El *Gigasporineae* se divide en dos géneros basados en la presencia de las paredes membranosas internas y de un blindaje de la germinación (estructura de la pared de los cuales el tubo del germen puede presentarse) para *Scutellospora* o la ausencia de estas estructuras para *Gigaspora*. (Robson, 1994)

2.7.1 Uso de micorrizas

El uso de micorrizas (*Glomus intraradices*) en la agricultura permite que las plantas puedan obtener mejor su alimento, resistir un mayor estrés ambiental. La captación creciente de los minerales del suelo por las plantas colonizadas significa que es posible considerar sustancialmente el reducir aplicaciones de fertilizantes y pesticidas y al mismo tiempo obtener producciones equivalentes o aun mas altas de cosechas. También es posible mantener la calidad y las sustancias del suelo mientras se protege el ambiente y al mismo tiempo se reducen los costos de producción.

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*, *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; Cruz *et al*, 1988; Young *et al*, 1988; Bashan *et al*, 1993; Bethlenfalvay, 1993; Linderman, 1993; Aguirre–Medina y Velasco–Zebadúa, 1994; Alarcón y Ferrera–Cerrato, 2000).

Las opciones técnicas para incrementar el desarrollo de los cultivos son diversas y algunas de ellas, como las hormonas, han tenido relevancia en la producción agropecuaria durante las últimas décadas. El uso de microorganismos y de hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas puede mejorar la eficiencia del uso de los fertilizantes fosfatados (Cruz *et al*, 1988; Brown y Bethlenfalvay, 1988; Young *et al.*, 1988; Werner, 1992).

Las micorrizas aumentan la absorción de fósforo, zinc, azufre, calcio, cobre, molibdeno y boro en las plantas (Sánchez, 1999). Debido a estas condiciones, las plantas asociadas con micorrizas a menudo son más competitivas y toleran mejor los estreses ambientales que las plantas sin micorrizar (Bolletta *et al.*, 2002). Maddonni *et al.* (2003) encontraron que las mejoras en el crecimiento de las plantas que poseen asociaciones con micorrizas se deben fundamentalmente a tres causas, i) la mayor absorción y traslocación de nutrientes (especialmente en el caso del fósforo u otros nutrientes poco móviles), ii) la mayor tolerancia a períodos de sequía y iii) una mejor protección contra patógenos en la zona rizosférica. Esta mejora sería escasa o nula en ambientes bien provistos de nutrientes. Los mismos autores citan que las bacterias rizosféricas del género

Azospirillum, género más estudiado, producen incrementos en biomasa y rendimiento debido a efectos directos e indirectos. Directos, ya que reducen o anulan efectos nocivos de uno o varios organismos fitopatógenos; indirectos, fijación de nitrógeno atmosférico, absorción incrementada de agua y nutrientes y producción de fitorreguladores.

Las rizobacterias y los hongos micorrizicos, son los MICs que se han empleado como componentes de los bioestimulantes en la agricultura. Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y los hongos micorrizicos arbusculares, estimulan positivamente el crecimiento de las plantas, también contribuyen al estado nutricional de las mismas, generando incrementos en el rendimiento y en la eficiencia de la fertilización nitrogenada (Terry y Leyva, 2006)

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 y a solubilizar los minerales mediante la fosfatasa acida, y a transformar el fósforo que se encuentra en el suelo, formando compuestos estables, en formas disponibles para la planta (Shafiret *al*, 1972; Mosse, 1986; Bethlenfavay, 1993; Linderman, 1993).

Los microorganismos se aplican al suelo para desempeñar funciones específicas que benefician a la productividad de las plantas como: fijación de nitrógeno, solubilización de minerales, producción de estimuladores del crecimiento vegetal y biocontrol de patógenos (Shafir *et al.*, 1972).

La tecnología de recubrimiento de las semillas de soya con el uso de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) y bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV), promovidas por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA, 2003) desde hace más de 15 años, es una opción de primera línea, donde se puede obtener producto de la simbiosis de los dos microorganismos con las raíces de las plantas inoculadas, importantes incrementos en la producción de granos por superficie, debido a que se manifiestan varios factores, como el aumento de la capacidad de exploración de la zona rizosférica, que ponen a disposición de la planta mayor cantidad de macro, micronutrientes y agua, y que se combina con la fijación de nitrógeno. (Fernández, 2003)

Corbera, J.; Nápoles, M. C.; Núñez, M. y Fernández, F. (2006) en sus trabajos realizados mencionan que los rendimientos altos de las coinoculaciones *Bradyrhizobium japonicum*

(fermentación tradicional) e inoculantes a base de hongos micorrizógenos del género *Glomus* en el recubrimiento de las semillas de soya antes de la siembra, equivalen a los de una fertilización de 120 kg de N.ha⁻¹, al comparar con testigos, superan en un 13.76 % al testigo.

El cultivo de los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) pasa por un denominador común, la necesidad de una planta hospedera o explantes de raicillas para completar su ciclo de vida, debido a su condición de simbioses obligados (Giovannetti, 2000). Durante los últimos años, se han desarrollado diversas tecnologías de reproducción, siendo las más utilizadas aquellas que involucran a la planta en un medio o sustrato sólido, empleando materiales que van desde suelo, turba, perlita, vermiculita, arena, arcilla, arcilla calcinada, varios materiales vegetales, forestales, así como las mezclas de algunos de ellos (Morton y Redecker, 2001; Fernández, 2003).

También se han desarrollado inoculantes micorrízicos en medios hidropónicos, poniendo en contacto a las raicillas de las plantas (previamente colonizadas con la especie fúngica deseada) con una solución nutritiva que fluye de manera continua y a velocidad constante; este método tiene como inconveniente que es preciso ser muy riguroso en el control del pH de la solución, ya que varía con la entrada al medio de los exudados de la planta (Sylvia, 1998).

Otra metodología de producción de inoculante micorrízico lo constituye el cultivo aeropónico, el cual se basa en el desarrollo de plantas (previamente micorrizadas) sin sustrato, en una cámara oscura, donde sus raicillas son irrigadas temporalmente a través de un dosificador de solución nutritiva, creciendo de forma acelerada de 12 a 15 semanas, en donde se logra un material muy homogéneo y libre de patógenos (Sylvia, 1992; Hung, 1988).

Existen diversos trabajos donde la aplicación de biofertilizantes en la etapa de vivero ha incrementado el porcentaje de germinación, el crecimiento, desarrollo y salud de las plántulas de papaya, que mejoran la calidad y reducen el tiempo de permanencia de las plántulas en el vivero. Dentro de los microorganismos que han sido empleados como biofertilizantes en el cultivo de papaya se encuentran: *Azospirillum brasilense* y *Glomus claroideum* (Alarcon *et al.* 2002), *Trichoderma viridae* y *Azotobacter chroococcum* (Cupull *et al.*, 2002), *Trichoderma harzianum* y hongos micorrízicos (Mesa *et al.*, 2006, Wasy *et al.*, 2010). También es importante mencionar que las plántulas pre-inoculadas con micorrizas

son más tolerantes al estrés que sufren al trasplante en comparación a las plantas no micorrizadas o plantas inoculadas al momento del trasplante (Valdés *et al.*, 1993; Waterer y Coltman, 1988).

Con respecto al efecto de la micorriza y la adición de materia orgánica, se encontró un efecto positivo en cuanto altura de la planta, área foliar y peso seco de la parte aérea, pero no hubo respuesta de las variables diámetro del tallo, volumen radical y porcentaje de colonización total en especies arbóreas (Gardezi *et al.*, 1995 y Gardezi *et al.*, 1999).

Durante un trabajo de investigación Tarango y Macias (2004), demostraron que la inoculación de raíces de plántulas de pistachero con el producto BuRIZE no favoreció la colonización micorrízica ni el crecimiento.

Otros estudios que se ha realizado sobre el efecto de BuRIZE (hongo micorrizico de: Buckman Laboratories) fue con el método de inoculación de *Glomus intraradices* en *Pinus engelmannii* al momento del trasplante de la planta demostró ser el mejor en lo que se refiere a la altura total de la planta, la longitud de raíz y el diámetro en la base del tallo. (Montes 2001)

Finalmente, se ha desarrollado un sistema de multiplicación de raicillas micorrizadas en fermentadores, que pudiera ser una interesante fuente de inoculante; sin embargo, no se han obtenido buenos resultados en los inoculantes micorrizógenos líquidos masivos, para enviar por los sistemas de riego localizado a cultivos hortícolas protegidos, así como para las plantas micropropagadas en condiciones *in vitro*.

2.7.2 Tipos de Micorrizas

Ectomicorrizas

Las características de las ectomicorrizas (EM) es la presencia de hifas entre las células corticales de la raíz produciendo una estructura reticular llamada red de Hartig, después de Roberto Hartig que se considera el padre de la biología del bosque. La capa puede variar extensamente en espesor, color, y textura dependiendo de la combinación determinada de la planta y el hongo. La capa aumenta el área superficial de las raíces absorbentes y afecta a menudo la morfología de la raíz fina, dando por resultado la

bifurcación de la raíz y arracimado. Contiguos con la capa están los hilos hifales que se extiende en el suelo.

Las ectomicorrizas colonizan el interior de las células de las raíces. Se encuentra en las plantas arboladas que se extienden de arbustos a los árboles forestales. Benefician céspedes, gran número de plantas ornamentales, árboles de madera dura, árboles frutales y arbustos (Robson, 1993).

Micorrizas Arbusculares

Las esporas reproductivas se pueden formar en la raíz o más comúnmente en el suelo. Para algunos hongos (ej. *Glomus intraradices*), las vesículas en la raíz experimental el espesamiento secundario, y un tabique (pared cruzada) se coloca a través de la conexión de las hifas que conduce a la formación de las espora, pero las esporas se convierten más a menudo en el suelo del inflamamiento de las hifas.

Los hongos que forma actualmente toda clasificaron en el orden Glomales (Morton, 1988). La taxonomía se divide más fondo en los subórdenes basado en la presencia de: Vesículas en la raíz y la formación de los clamidosporas (pared gruesa, espora asexual) llevados de las hifas subterráneas para el suborden Glomineae o ausencia de vesículas en la raíz y la formación de las células y de las azugosporas auxiliares (esporas que se asemejan a una zigospora pero que se convierten asexualmente de una hifa subterránea dando por resultado una conexión con bulbo distinta) en el suelo para el suborden Gigasporineae.

2.8 Ácidos Humicos y Fulvicos

Schnitzer y Schuelten (1995), mencionan que los ácidos húmicos y fúlvicos son macromoléculas aromáticas muy estables con estructuras polimétricas en forma circular, cadenas, racimos y ciclos aromáticos condensados con aminoácidos, amino-azucres, péptidos y compuestos alifáticos.

Las características básicas de los ácidos húmicos y fúlvicos están basadas en su solubilidad. Los ácidos húmicos no son solubles en agua y se precipitan en medio ácido, pero son solubles en álcalis, de color café oscuro o negro, alto peso molecular (30,000 KDa), 62% de carbón Y 30 % de oxígeno. Los ácidos fúlvicos son solubles en agua a

cualquier condición de pH del medio, permanecen en solución después de la separación de ácidos húmicos por acidificación, son de color amarillo claro y amarillo oscuro, de bajo peso molecular (170 a 2000 KDa), con 45 % de carbón y 48 % de oxígeno.

Stevenson (1982), dice que las diferencias entre los ácidos, además de las mencionadas son: contenidos de oxígeno y carbón, la acidez y el grado de polimerización, también de forma sistemática, con el incremento de peso molecular, los ácidos fulvicos contienen más grupos funcionales de naturaleza ácida particularmente $-\text{COOH}$, la acidez total es de 900 a 1400 meq/100 g y es más alta que los ácidos húmicos 400 a 800 meq/100 g.

Por otra parte los ácidos son una fracción de las sustancias húmicas que es soluble en medio alcalinos y que se precipitan en medios ácidos, químicamente son polímeros complejos de compuestos aromáticos de estructura alifática, grupos carboxílicos y fenílicos con alto peso molecular y alta capacidad de intercambio catiónico.

Sin embargo, los ácidos fulvicos constituyen una serie de compuestos sólidos o semisólidos, amorfos, de color amarillento y naturaleza coloidal, fácilmente dispersables en agua y no precipitables por los ácidos susceptibles en cambio de experimentar floculación en determinadas condiciones de Ph y concentración de las soluciones de cationes no alcalinos.

(<http://www.infojardin.net/glosario/acicula/acidofulvicoacidofulvicos.htm>).

Según Sparks (2000), las funciones y usos de los ácidos Fulvicos y Húmicos son:

- Sustancias que ejercen efectos físicos, químicos y biológicos en la calidad de los suelos al servir como acondicionadores, además son fuentes de nutrientes y sustratos por microorganismos.
- Contribuyen al mantenimiento de una estructura adecuada y estable del suelo al actuar como agentes de unión en la formación de agregados de suelo, asegurando así la aireación satisfactoria de los mismos, previniendo protección contra la erosión y realizando las propiedades mecánicas del suelo, además jugando un papel importante en la retención del agua.
- Actúa como fuentes y almacenes de N,P,S y de micronutrientes esenciales para las raíces de la planta y microorganismos.
- También pueden ejercer efectos fisiológicos directos en las plantas y semillas.
- Estimulan la germinación

- Activación de la flora microbiana.

El humus de lombriz es un abono orgánico 100 % natural, que se obtiene de la transformación de residuos orgánicos compostados por medio de la lombriz roja de California. Es totalmente natural, mejora la porosidad y la retención de humedad, aumenta la colonia bacteriana y su sobredosis no genera problemas. Tiene mejores cualidades y ninguna contraindicación. En su composición están presentes todos los nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, manganeso, fierro, cobre, zinc, carbono, etc., en cantidad suficiente para garantizar el perfecto desarrollo de las plantas, además de un alto contenido en materia orgánica que enriquece el terreno. Favorece la circulación del agua y el aire. Su pH neutro permite aplicarlo en contacto con la raíz, de forma que evita en un 100% el shock del trasplante y facilita la germinación de las semillas. Contiene sustancias fitoregulatoras que aumentan la capacidad inmunológica de las plantas, por lo que ayuda a controlar la aparición de plagas. El conjunto de todas las propiedades descritas, hacen que su aplicación, mejore la estructura y equilibrio del terreno y aumente su capacidad de producción. Además de nutrientes y hormonas vegetales, este humus posee una importante carga bacteriana que degrada los nutrientes a formas asimilables para las plantas. El estiércol de las lombrices tiene 4% mas nitrógeno, 25 % mas fosforo y 2.5% mas potación que el mismo peso del estiércol bovino (<http://www.getiopoli.com/recursos/documento/fulidocs/emp/lombrices.htm>).

Flores (2004), en su trabajo realizado con abonos orgánicos y productos comerciales hormonales en el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate, encontró que la lombricomposta y el líquido de composta son los abonos orgánicos con mejores resultados sobre la velocidad de germinación, emergencia y desarrollo de la plántula y en algunas variables que confieren calidad de plántula, como peso fresco del follaje y peso seco del follaje.

También se encontró un incremento en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris*) al aplicar bioactivador húmico 3kg/ha y extracto de algas 1.7 litros /ha. Por otro lado Arulnandily (1988) al tratar semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) y Avena (*Avena sativa*) con ácido húmico a concentraciones de 20 ppm en cada especie, obtuvieron una elongación del hipocotilo y mesocotilo, sin embargo al disminuir la concentración a 10 ppm se inhibe la germinación en rábano (*Raphanus sativus*)

Zebadua (2006), hace mención de que todos los productos orgánicos líquido de composta y lombricomposta influyeron de manera positiva en la germinación, ya que estos superaron al testigo por las del 10%. En donde el Líquido de lombriz fue el mejor, ya que aumento un 11% la germinación en semilla de tomate, obteniendo así un 49.75%, comparado con el testigo absoluto (agua), el cual consiguió un 38.75%, superando incluso a los testigos relativos, de Biosyme TS y Biozyme PP por 23.45 y 18.3 unidades porcentuales respectivamente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del sitio

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Ensayo de Semillas “M.C. Leticia Bustamante García” del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología en Semillas adscrito al Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, localizada bajo las coordenadas 25°22´ latitud Norte y 101° 00´ longitud Oeste, con una altura de 1´589 metros sobre el nivel del mar, Saltillo, Coahuila, México (García, 1973), durante el mes de agosto 2011.

3.2 Material genético

El material genético utilizado fue frijol Pinto Saltillo, es una variedad desarrollada con el método de mejoramiento genético genealógico, con año de edad producido en el campo experimental UAAAN Bellavista, Saltillo, Coahuila en el año 2010 y almacenado en condiciones optimas.

3.2.1 Frijol Pinto Saltillo

La variedad ha sido evaluada en 26 ambientes (combinación localidad/año) localizados en la región del Altiplano de México entre 1996 y 1999, en los que resultó sobresaliente con base en su rendimiento y características agronómicas en condiciones de temporal. Produce un rendimiento promedio de grano siendo este de 2304 kg/ha en riego y 1139 kg/ha en temporal. Además, es tolerante al ataque de la mayoría de las razas de roya, antracnosis y tizón común.

La variedad Pinto Saltillo por su color de grano crema claro con pintas café claro y menor tiempo de cocción tiene mayor aceptación tanto por el productor como por el consumidor; posee, además, mayor vida de anaquel ya que su color original lo conserva aún después de 24 meses de haber sido cosechado.

Rendimiento en riego y temporal de 2304 kg/ha y 1139 kg/ha, respectivamente. Tolerancia a sequía y a las enfermedades Antracnosis, Chauixtle y Tizón Común. Grano de color pinto con amplia vida de anaquel

3.3 Tratamientos

Para el presente estudio se utilizaron diez bioestimulantes orgánicos e inorgánicos, donde seis bioestimulantes fueron comerciales (Biozyme ^{TS}, Alga Enzim[®], Algaroot ^{MR}, Humus lombriz UAAAN, Burize ST, *Glomus* biofabrica) y cuatro fueron experimentales (Micorrizas INIFAP, *Glomus* liquido, *Glomus* Bajio Gris, *Glomus* Bajio Café), teniendo un testigo absoluto y evaluando en total 11 tratamientos.

Para la dosis de aplicación de cada tratamiento, se basó en la dosificación recomendada por el producto comercial *Biozyme* ^{TS}, dada en una relación de 2 litros por tonelada de semilla, descritos en el Cuadro 3.1

Cuadro 3.1 Tratamientos y dosis de bioestimulantes aplicadas a la semilla de frijol variedad Pinto Saltillo.

No. de tratamiento	Producto	Dosis/ton semilla*	Dosis/110 semillas *
1	Testigo (Agua destilada)	-	-
2	<i>Biozyme</i> ^{TS}	2 Litros	1 mL
3	Alga Enzim [®]	2 Litros	1 mL
4	Algaroot ^{MR}	2 Litros	1 mL
5	Micorrizas INIFAP	2 Litros	1 mL
6	<i>Glomus</i> liquido	2 Litros	1 mL
7	<i>Glomus</i> biofabrica	2 Litros	1 mL
8	<i>Glomus</i> Bajio Gris	2 Kg	1 g
9	<i>Glomus</i> Bajio Café	2 Kg	1 g
10	Burize ST	2 Litros	1 mL
11	Humus lombriz UAAAN	2 Litros	1 mL

* Diluidos 5 mL de adherente y 3 mL de agua destilada

3.4 Metodología

El proceso se inicio haciendo la preparación de los tratamientos, pesando la cantidad adecuada de cada producto sólido en una balanza analítica y los líquidos midiendo con ayuda de una jeringa; de cada producto se utilizó 1 g (sólidos) y 1 mL (líquidos), los cuales fueron diluidos en 5 mL de adherente más 3 mL agua destilada. Se aplicó la mezcla a 110 semillas por cada tratamiento en vasos precipitados y moviendo con un agitador cuidando que la semilla quede cubierta con el producto, y se dejo reposar por 10 minutos para proceder a la siembra.

3.5 Variables evaluadas

3.5.1 Capacidad de germinación

Se utilizaron 100 semillas de frijol por tratamiento, sembrando 25 semillas por repetición sobre papel de germinación "Anchor" de 25 x 37 cm húmedo, colocando la semilla con el hilo dirección sur en una línea central del papel y cubriendo con otro a formar un "taco", teniendo 4 tacos o repeticiones para cada tratamiento. Los tacos se colocaron en bolsas de plástico y fueron llevados a una Cámara de germinación marca Hoffman Manufacturin, durante 8 días a una temperatura de 20 ± 1.5 °C con 8 horas luz y 16 horas oscuridad, haciendo riegos con ayuda de una piceta cada 3 días. Al octavo se evaluó número de plántulas normales, anormales y semillas sin germinar, dichas variables consideradas como pruebas de calidad fisiológica y vigor, los resultados fueron registrados en porcentaje. El procedimiento) y la evaluación se basaron conforme al manual de la ISTA (1992) y a las reglas de ISTA (2004)

3.5.2 Plántulas normales

Plántulas que presentan un desarrollo óptimo del hipocotilo, con un gran número de raíces adventicias, así como presencia de hojas verdaderas uniformes y desarrolladas. Se clasifican en 3 categorías:

1. Plántulas intactas: pueden presentar una combinación de estructuras esenciales como sistema de raíz bien desarrollado, sistema apical bien desarrollado, numero específico de cotiledones, hojas primarias verdes y expandidas. brote terminal o ápice, coleóptilo rígido y bien desarrollado.

2. Plántulas con ligeros defectos: muestran ligeros defectos en las estructuras anteriores o cierto retardo, sin que esto limite su crecimiento y desarrollo.
3. Plántulas con infección secundaria: aquellas dañadas por hongos, bacterias, pero que es evidente que la semilla misma no es la fuente de la infección y se observa que las estructuras esenciales estaban presentes.

Dentro de esta variable se contabilizaron aquellas que manifestaron un mejor desarrollo de sus estructuras esenciales; radícula e hipocotilo, tomándose como criterio un mínimo de 2 centímetros para considerarse como plántula normal, obteniendo el número de plántulas a los ocho días después de la siembra.

3.5.3 Plántulas anormales

Plántulas que presentan un desarrollo raquítico del hipocotilo, con un número bajo o nulo raíces adventicias, así como ausencia de hojas verdaderas o poco desarrolladas. Para su clasificación es conveniente consultar un manual de Evaluación de Plántulas. Esta variable se evaluó a los ocho días de la siembra y se seleccionaron como plántulas anormales aquellas que presentaban un pobre desarrollo de la raíz, estructuras esenciales deformes (hipocotilo, raíz y cotiledones), necrosidad en alguna estructura esencial, etc.

3.5.4 Semillas sin germinar (SSG)

Estas están representadas como semillas duras incapaces de absorber humedad, presentes en muchas especies de leguminosas, al igual podemos referirnos a semillas frescas que resultan por latencia fisiológica, son capaces de absorber humedad pero si desarrollo es bloqueado. Se evaluó a los ocho días de la siembra, considerando como semilla sin germinar aquellas que no tuvieron alguna modificación o cambios en su estructura, como romper la testa.

3.5.5 Peso fresco del hipocotilo

Se utilizaron 100 semillas de frijol por tratamiento, sembrando 25 semillas por repetición sobre papel de germinación “Anchor” de 25 x 37 cm húmedo, colocando la semilla con el hilio dirección sur en una línea central del papel y cubriendo con otro a formar un “taco”, teniendo 4 tacos o repeticiones para cada tratamiento. Los tacos se colocaron en bolsas de plástico y fueron llevados a una Cámara de germinación marca Hoffman Manufacturin, durante 8 días a una temperatura de 20 ± 1.5 °C con 8 horas luz y 16 horas obscuridad, haciendo riegos con ayuda de una piceta cada 3 días. Al octavo día se evaluó la prueba, contabilizando el número de plántulas normales, de las cuales se diseccionó el hipocotilo de cada una de ellas y se determinó el peso fresco del hipocotilo con ayuda de una balanza analítica de 0.0001 g de precisión, los resultados fueron registrados en mg Plántula⁻¹. El procedimiento y la evaluación se basó conforme a las reglas AOSA (1997),

3.5.6 Peso seco hipocotilo (Tasa de crecimiento de plántula)

Para obtener el peso seco, los hipocotilos de las plántulas normales resultantes de la variable anterior, se colocaron en una pequeña bolsa de papel estraza perforado por repetición y se llevaron a una estufa de secado a una temperatura de 65° C por 24 horas, una vez transcurrido el tiempo se sacaron y se colocaron en un desecador con sílice gel a enfriar por 10 minutos, al término se procedió a pesar cada bolsa en la balanza analítica de 0.0001 g de precisión. Los resultados se obtuvieron en gramos y divididos entre el número de plántulas normales para registrar en mg Plántula⁻¹.

3.5.7 Peso fresco de la raíz

Se utilizaron 100 semillas de frijol por tratamiento, sembrando 25 semillas por repetición sobre papel de germinación “Anchor” de 25 x 37 cm húmedo, colocando la semilla con el hilio dirección sur en una línea central del papel y cubriendo con otro a formar un “taco”, teniendo 4 tacos o repeticiones para cada tratamiento. Los tacos se colocaron en bolsas de plástico y fueron llevados a una Cámara de germinación marca Hoffman Manufacturin, durante 8 días a una temperatura de 20 ± 1.5 °C con 8 horas luz y 16 horas obscuridad, haciendo riegos con ayuda de una piceta cada 3 días. Al octavo día se evaluó la prueba,

contabilizando el número de plántulas normales, de las cuales se diseccionaron las raíces de cada plántula y se determinó el peso fresco de la raíz con ayuda de balanza analítica de 0.0001 g de precisión, los resultados fueron registrados en mg Plántula⁻¹. El procedimiento y la evaluación se basó conforme a las reglas AOSA (1997),

3.5.8 Peso seco de la raíz (tasa de crecimiento de plántula)

Para obtener el peso seco, las raíces de las plántulas normales resultantes de la variable anterior, se colocaron en una pequeña bolsa de papel estraza perforado por repetición y se llevaron a una estufa de secado a una temperatura de 65° C por 24 horas, una vez transcurrido el tiempo se sacaron y se colocaron en un desecador con sílice gel a enfriar por 10 minutos al término se procedió a pesar cada bolsa en la balanza analítica de 0.0001 g de precisión. Los resultados se obtuvieron en gramos y divididos entre el número de plántulas normales para registrar en mg Plántula⁻¹.

Cabe aclarar que el procedimiento descrito en las reglas AOSA (1997) refiere evaluar peso fresco y peso seco de toda la plántula incluyendo hipocotilo y raíz respectivamente, durante este trabajo dichas variables se tomaron por separado ya que los datos visuales nos mostraban diferencias significativas entre el desarrollo del hipocotilo y la raíz por lo que se decidió evaluar por separado cada variable: peso fresco del hipocotilo, peso fresco de la raíz, peso seco del hipocotilo y peso seco de la raíz.

3.5.9 Materia seca (MS)

Para el cálculo de esta variable se tomó como referencia el peso completo de la plántula (raíz e hipocotilo), el resultado se obtuvo sacando la diferencia entre el peso fresco de la plántula y el peso seco de la plántula registrando los resultados en mg Plántula⁻¹.

$$MS = (\text{peso fresco raíz} + \text{peso fresco hipocotilo}) - (\text{peso seco raíz} + \text{peso seco hipocotilo})$$

3.6 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar; realizando un análisis estadístico, con el paquete diseños experimentales Statistical Analysis System 9.1.3 (SAS, 2003). Trabajando con once tratamientos y cuatro repeticiones, en laboratorio. Para estos términos se estableció el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i=1,2,\dots,t$$

$$j=1,2,\dots,r$$

Donde: Y_{ij} = es la observación de la j -ésima u.e. del i -ésimo tratamiento μ = media del i -ésimo tratamiento, T_i efecto del i -ésimo tratamiento y ε_{ij} = error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis estadísticos de los datos generados en las diferentes pruebas realizadas para la determinación de calidad fisiológica del Frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) variedad Pinto Saltillo.

4.1 Capacidad de germinación (Plántulas normales)

Se encontraron diferencias altamente significativas (Tukey $P \leq 0.05$) entre los tratamientos estudiados para la variable plántulas normales, según el análisis de varianza mostrado en el Cuadro 4. Donde al menos uno de los tratamientos tuvo una respuesta diferente al resto, teniendo un Coeficiente de Variación de 6.1 %.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios y significancia en las variables capacidad de germinación de semillas de frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2012.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semillas Sin Germinar
Tratamientos	10	259.49 **	79.49 **	80.80 **
Repetición	3	10.06 ^{NS}	15.87 ^{NS}	21.81 ^{NS}
Error	30	27.92	25.47	17.28
%CV		6.1	66.8	69.2

NS=No significativo; **=Altamente significativo; *=Significativo

Se realizó una prueba de comparación de medias, entrando cuatro grupos estadísticos, donde los tratamientos 8, 9, 5, 7, 4 formaron el primer grupo, el segundo grupo estuvo formado por los tratamientos 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 mientras que 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, y 11 conformaron el tercer grupo, por último los tratamientos que formaron el cuarto grupo

fueron 1 y 2; resaltando con mayor respuesta del primer grupo en el porcentaje de germinación a los tratamientos T8 con 100 % y T9 con 94 %, como se muestra en el Cuadro 4.2. La respuesta de los tratamientos a base de *Glomus* fue muy variable ya que entre ellos se encontraron las mejores respuestas de germinación, el cual es un producto que se encuentra entre los bioestimulantes experimentales, aún no es un producto comercial como tal, sin embargo se han tenido pocos los trabajos en demostrar su efectividad, se dice que se encuentra dentro del grupo de las micorrizas su consistencia líquida se ha desarrollado para la producción en un sistema de multiplicación de raicillas micorrizadas en fermentadores, que pudiera ser una interesante fuente de inoculante, coincidiendo con los resultados obtenidos y confirmando lo que mencionan Valdés *et al.* (1993); Waterer y Coltman (1988), quienes enfatizan que las plántulas al ser pre-inoculadas con micorrizas son más tolerantes al trasplante en comparación a las plantas no inoculadas, por lo cual que la aplicación de micorrizas forma plántulas más resistentes. En los resultados encontrados, la aplicación de micorrizas se obtuvo un aumento de plántulas normales en comparación al testigo que obtuvo 69 %, siendo la más baja respuesta de germinación en el estudio.

Cuadro 4.2 Comparación de medias de las variables capacidad de germinación del frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2012.

Tratamiento	Plántulas Normales (%)	Plántulas Anormales (%)	Semillas sin Germinar (%)
1	69 D	17 A	14 A
2	81 CD	5 AB	14 A
3	82 BC	11 AB	7 AB
4	88 ABC	7 AB	5 AB
5	92 ABC	5 AB	3 B
6	85 BC	9 AB	6 AB
7	90 ABC	7 AB	3 B
8	100 A	0 B	0 B
9	94 AB	4 B	2 B
10	84 BC	11 AB	5 AB
11	86 BC	7 AB	7 AB

*Promedios seguidos con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$)

Los tratamientos que tuvieron un porcentaje intermedio en la capacidad de germinación fueron 4, 5, 6, 7, 11 de 85 al 92 %, resultaron ser superiores al testigo, reflejando que al utilizar bioestimulantes pueden ser capaces de incrementar la germinación, coincidiendo

con Bietti y Orlando (2003), donde reafirman que el uso de bioestimulantes provoca un incremento en el proceso de germinación, el desarrollo, la producción y/o crecimiento de los vegetales.

En general esta prueba nos dio las herramientas para poder comparar el poder germinativo de la semilla tratada con diferentes bioestimulantes y la que no fue tratada, Copeland y McDonald (1985) señalan que para conocer las condiciones de calidad de la semilla, la capacidad de germinación es el criterio más usado, por lo que podemos afirmar que la semilla tratada con bioestimulantes tiene un buen porcentaje en capacidad de germinación respecto al testigo ya que fue de 69 %; un porcentaje de germinación es aceptable comercialmente de acuerdo al Servicio de Certificación y Comercialización de Semillas en la ley de comercialización en 2007 donde se menciona que para la venta de semillas los porcentajes de germinación deben estar como mínimo en un 85%.

La comparación de tratamientos por su origen como fue en T2 Biozyme; quien obtuvo 81 % en germinación mostrando un comportamiento menos favorable con respecto a T3, se esperaba que el uso de Algaenzims^{MR}, por ser un potenciador orgánico de uso foliar y al suelo, constituido por sustancias activas como son las enzimas y extracto de algas estimularan a la germinación, como lo mostró Barreto (1999), encontrando una respuesta positiva en diferentes variables (diámetro del tallo, número de guías por planta, longitud de guía principal, análisis de suelo, análisis foliar, rendimiento, calidad de fruto) en los híbridos de melón; o como Díaz (2005), quien al aplicar Algaenzims^{MR} líquido y en polvo indujo un incremento de 16.6 % en la capacidad germinativa en la semilla de cebolla variedad Lumina.

4.2 Porcentaje plántulas anormales

Los resultados del análisis muestran diferencias altamente significativas (Tukey $P \leq 0.05$) entre los tratamientos estudiados para la variable plántulas anormales Cuadro 4.1 obteniendo un Coeficiente de Variación del 66.8% , dado por los valores registrados entre los tratamientos desde un cero hasta un 17 % de plántulas anormales (Cuadro 4.2), lo que hace que el coeficiente sea muy alto.

Al realizar la prueba de comparación de medias (Cuadro 4.2); se formaron dos grupos estadísticos, considerando el primer grupo a los tratamientos 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10 y 11, los cuales obtuvieron el mayor porcentaje de anomalías con valores de 5 a 17 %,

destacando al testigo con un 17 % de anormalidad, debido a que la semilla que no fue tratada con bioestimulantes (testigo absoluto) y contar con un nivel aceptable de calidad como se observó en la variable anterior (69 %) debido posiblemente a dos factores, uno que la semilla evaluada en este estudio tenía un año (2011) de haber sido cosechada y dos en la etapa de producción en campo, la planta sufrió un daño causado por helada, lo cual hace que la semilla producida halla perdido sus propiedades fisiológicas naturales, razón por lo que se obtuvieron porcentajes de germinación bajo y trayendo como consecuencia un aumento en anormalidades, dadas por crecimiento pobre, hipocotilos retorcidos y cotiledones envueltos por la testa. Estas anormalidades se encontraron en el resto de los tratamientos de este grupo estadístico, como fueron el T3 y T10 (ambos con 11 %) donde el propósito de Alga Enzim[®] es de fertilizar y acondicionar el suelo. (Blak, 1955: Beleau *et al* 1975), y el tratamiento a base de *Glomus intraradices* (BuRIZE) para fortalecer el enraizamiento, lo que refleja en el presente estudio, es que su composición química de ambos no aportan factores positivos en la formación fisiológica de una planta normal, confirmando lo descrito por Tarango y Macias (2004), quienes demostraron que la inoculación de *Glomus* en raíces de plántulas de pistachero no favoreció la calidad; sin embargo al inocular *Glomus* en otro cultivo como *Pinus engelmannii* al momento del trasplante, mejoró significativamente en altura de planta, longitud de raíz y diámetro en la base del tallo. (Montes 2001) lo que nos da la probabilidad de tener efectos directos sobre las plantas en su desarrollo en campo. En el caso del producto comercial conocido como Biosyme ST (T2) por tener un estimulante de germinación y es utilizado como tratamiento de semillas (Bioenzymas, 1981 y Gaceta Agrícola 1980) para promover su calidad fisiológica, sin embargo los resultados mostraron un 5 % de plántulas anormales, lo que indica que si es favorable para la germinación en comparación al testigo por disminuir la producción de anormalidades pero no mejor que los tratamientos con *Glomus*.

En el segundo grupo estadístico resultante de la prueba de comparación de medias, destacaron los tratamientos T2 al T11 con valores de 0 a 11%, dentro de este grupo sobresalen los tratamientos 8 y 9 con mayor respuesta al aplicar bioestimulantes disminuyendo anormalidades a un rango de 0% y 4% respectivamente, por lo que se deduce que el uso de compuestos a base de micorrizas genero *glomus intraradices* no solo induce mayor germinación como lo cita Mesa *et al.* 2006, Wasy *et al.* 2010 en el trabajo realizado en semilla de papaya, además aporta las hormonas y nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de plantas; mejorando la calidad fisiológica,

debido a pérdidas por factores agroclimáticos (helada) y deterioro en la semilla por almacenamiento.

4.3 Porcentaje semillas sin germinar

EL análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas (Tukey $P \leq 0.05$) entre los tratamientos estudiados para la variable semillas sin germinar Cuadro 4.1 donde al menos un tratamiento tubo un comportamiento diferente al resto, obteniendo un Coeficiente de Variación del 69.2 % debido a los datos registrados donde se obtiene un valor de cero hasta valores de 14%, (Cuadro 4.2) estos resultados hacen que el coeficiente sea muy alto.

En la prueba de comparación de medias (Cuadro 4.2) se formaron dos grupos estadísticos el primero donde se obtuvieron los mayores porcentajes de semillas sin germinar de 5 a 14% conformado por los tratamientos 1, 2, 3, 4, 6, 5 y 7; sobresaliendo los tratamientos que arrojaron los mayores porcentajes de semillas sin germinar T1 y T2 con 14%; el resultado del testigo (T1) fue el esperado, por los porcentajes de normales y anormales que presentó (69 % PN y 17 % PA) indicando su baja calidad debido posiblemente a dos factores, el primero por el daño de helada en la etapa de producción en campo perdiendo sus propiedades fisiológicas naturales generando semilla deteriorada, presentando una consistencia blanda en la semilla seguida de una pudrición durante la prueba y; la segunda a una posible existencia de latencia o estado de letargo que a su vez puede ser debido a dos condiciones de la semilla, una a las estructuras físicas o envolturas de ella, dando lugar a una consistencia de testa dura impidiendo la permeabilidad de agua para su proceso de germinación y otra a la presencia de inhibidores propios de la misma, por presencia de sustancias químicas o simplemente por la inmadurez de la semilla; teniendo como resultado de la latencia o letargo un embrión firme y con un potencial de viabilidad, donde un alto porcentaje de estas semillas indica que las condiciones de germinación no fueron óptimas y se encontraron en este estado coincidiendo con lo afirmado por Biorcity International (2007).

En el caso de T2 (Biosyme TS) comercialmente conocido cuya aplicación a las semillas incrementa al máximo su potencial genético natural descrito por Bioenzymas, (1981) y Gaceta Agrícola (1980) y observado en este estudio en la variable capacidad de germinación (81 %) por arriba del testigo y disminuyendo la presencia de anomalías

(5%), los datos obtenidos en la variable semillas sin germinar descarta la posibilidad de ser un buen estimulante que promueva el rompimiento de latencia en la semilla.

Los tratamientos del 3 al 11 formaron el segundo grupo reconociéndose como el que obtuvo mejor respuesta a la aplicación de bioestimulantes con valores de 0 a 7%, se distinguen los tratamientos 8 y 9 (0 y 2 %) donde se obtuvieron los porcentajes mas bajos de semillas sin germinar, seguido de los tratamientos 7,10,4,6,3,11 (3 a 7%), seis de estos tratamientos están constituidos por micorrizas del genero *Glomus* produciendo un efecto favorable en la disminución del estado llamado latencia característica agronómica que la semilla tenia. Este comportamiento verifica que la incorporación de inoculantes biológicos como tratamientos de semilla es una práctica muy eficaz debido a las cualidades especiales que aporta en la semilla (aumento capacidad de germinación, disminución en anomalías y bajo porcentaje semillas sin germinar) demostrando potencialidad para aumentar el rendimiento de los cultivos (Ferraris y Couretot, 2006), enriqueciendo la calidad fisiológica de la semilla debido a pérdidas por daños en la producción por helada y aportando las hormonas necesarias para el rompimiento de latencia.

4.4 Peso fresco de hipocotilo

El análisis de varianza (Cuadro 4.3) muestra diferencias altamente significativas (Tukey $P \leq 0.05$) entre los tratamientos estudiados para la variable peso fresco del hipocotilo, donde al menos uno de los tratamientos tuvo una respuesta diferente al resto, con un Coeficiente de Variación de 11.1 %.

El resultado para la prueba de comparación de medias (Cuadro 4.4) presento cuatro grupos estadísticos dentro, el primer grupo compuesto por los tratamiento que alcanzaron mayor peso fresco del hipocotilo T7, T9, T10 con un rango de 1640.4 a 1822.3 mg Planta⁻¹, la composición de estos tres tratamientos es a base de micorrizas. Dentro de este grupo se distingue el resultado del T7 con un peso 1822.3 mg Planta⁻¹ alcanzando el valor mas alto, *Glomus* (Biofabrica) es el componente principal de este tratamiento, se compara dicho efecto con el obtenido por Gardezi *et al.*, 1995 y Gardezi *et al.*, 1999 observando un efecto positivo en cuanto altura de la planta, área foliar aunado a las observaciones de Maddonni *et al.* (2003) produciendo incrementos en biomasa y rendimiento en los cultivos.

Cuadro 4.3 Análisis de varianza para las variables Peso Fresco Hipocotilo y Peso Fresco de la Raíz de frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2011.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Peso Fresco Hipocotilo	Peso Fresco Raíz
Tratamientos	10	285258.33**	4925.05**
Repetición	3	11304.436 ^{NS}	473.30 ^{NS}
Error	30	23375.998	473.30
%CV		11.1	12.7

NS=No significativo; **=Altamente significativo; *=Significativo

Cuadro 4.4 Comparación de medias para las variables Peso Fresco Hipocotilo y Peso Fresco de la Raíz de frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2011

Tratamiento	Peso fresco Hipocotilo mg/planta	Peso fresco Raíz mg/planta
1	1140.3 C D	174.58 B
2	1405.5 B C	249.88 A
3	1347.8 B C	175.76 B
4	940.8 C D	284.25 A
5	1140.6 C D	219.48 A B
6	1381.9 B C	225.60 A B
7	1822.3 A	260.36 A
8	1432.4 B C	263.25 A
9	1640.4 A B	242.20 A B
10	1687.9 A B	257.16 A
11	1172.2 C D	249.84 A

*Promedios seguidos con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P≤ 0.05)

Los tratamientos T2, T3, T5, T6, T8, T11 reflejaron un aumento en el peso fresco del hipocotilo respecto al testigo con valores de 1140.6 a 1432.4 mg Planta⁻¹ el resultado se relaciona con lo propuesto por Viera y Castro (2002) describiendo los efectos de los bioestimulantes en función de su composición (aminoácidos, nutrientes, vitaminas, etc.), concentración y proporción de las diferentes sustancias pueden incrementar el crecimiento y desarrollo vegetal, estimulando la división celular, diferenciación y alargamiento de las células, favorecer el equilibrio hormonal de la planta, pudiendo también aumentar la absorción y utilización de agua y de nutrientes por la plantas.

Dentro de los tratamientos con menor peso fresco del hipocotilo se encuentran T1 y T4 con 1140.3 y 940.8 mg Planta⁻¹ respectivamente, observando que el T4 tubo una reducción en los valores obtenidos en relación al T1 (testigo) este comportamiento probablemente se debe a la composición del T4 (algas, *Larrea tridentata*, *Agave* spp), donde su efecto se ve reflejando en la estimulación del crecimiento de las raíces.

4.5 Peso fresco de la raíz

En el Cuadro 4.3 se observa el análisis de varianza donde las diferencias son altamente significativas (Tukey $P \leq 0.05$) entre los tratamientos estudiados para la variable peso fresco de la raíz, donde al menos uno de los tratamientos tuvo una respuesta diferente al resto, con un Coeficiente de Variación de 12.7 %.

Al realizar la prueba de comparación de medias (Cuadro 4.4) se formaron dos grupos estadísticos los valores mas altos para peso fresco de la raíz lo obtuvieron los tratamientos 4 con 284.25 mg Planta⁻¹ y T8 con 263.25 mg Planta⁻¹, el comportamiento que desarrollaron estos tratamientos se relacionan por la composición que los conforman. El tratamiento 4 mejora el desarrollo y crecimiento del sistema radicular, produciendo plantas con una menor capacidad de adaptación y aptas para la absorción de nutrimentos por la raíz y su traslado al resto de la planta. Mientras la composición del T8 esta a base micorrizas incrementa el volumen de la raíz y, por tanto, permiten una mayor exploración de la rizosfera (Corredor, 2008).

El tratamiento con menor peso fresco del hipocotilo fue el T1 (testigo) con 174.58 mg Planta⁻¹

4.6 Peso seco de hipocotilo

De acuerdo al análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$) entre tratamientos para la variable peso seco de hipocotilo (Cuadro 4.5) deduciendo que estadísticamente todos los tratamientos son iguales, presentando un Coeficiente de Variación de 14.29 %.

En la prueba de comparación de medias resultó un solo grupo estadístico; sin embargo, se observan diferencias numéricas entre tratamientos donde cinco de los tratamientos (T2, T3, T7, T8 y T10) inducen un peso seco de hipocotilo mayor de 148 a 159.28 mg Planta⁻¹, a diferencia del testigo que alcanzo hasta un peso de 148.01 mg Planta⁻¹, mientras que cinco de los tratamientos (T4, T5, T6, T9 y T11) presentaron pesos secos del hipocotilo más bajos de 121 a 138 mg Planta⁻¹ con respecto al testigo.

En general, a pesar de las diferencias numéricas no se muestran efectos directos en el peso; que en el caso de T7, se esperaba que tuviera el valor más alto de peso seco debido a que reportó el valor más alto de 1822.3 mg Planta⁻¹ en peso fresco, mientras que en esta variable resulto ser el segundo más alto con 158.64 mg Planta⁻¹, aunque la tendencia lo marca, el tratamiento a base de *Glomus* tienen los efectos positivos concordando con Simon *et al.* (1993) y Redecker *et al.* (2000) donde mencionan que el hongo le proporciona a la planta hospedadora una mejora en la nutrición mineral; así mismo el uso de Biozyme, algas y micorrizas pueden estimular el crecimiento y proporcionar nutrientes en la primera etapa de la plántula, haciéndola más fuerte y vigorosa que pudiera servir en el principio del desarrollo de una producción tanto en viveros como en campo confirmando lo que menciona Rodríguez (2009), que la aplicación de bioestimulantes en la semilla y raíz, se asegura una buena plantación teniendo disponibles los nutrientes en las primeras etapas de crecimiento, disminuyendo pérdidas y optimizando la calidad de los plantíos en vivero.

Cuadro 4.5 Análisis de varianza para las variables Peso Seco del Hipocotilo y Peso Seco de la Raíz de plántulas normales de frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2012

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Peso Seco Hipocotilo	Peso Seco Raíz
Tratamientos	10	701.16 ^{NS}	77.27 ^{NS}
Repetición	3	171.02 ^{NS}	103.91 ^{NS}
Error	30	414.90	150.82
%CV		14.29	14.75

NS=No significativo; **=Altamente significativo; *=Significativo

Cuadro 4.6 Comparación de medias para las variables Peso Seco del Hipocotilo y Peso Seco de la Raíz de plántulas normales de frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2011

Tratamiento	Peso seco hipocotilo Mg/planta	Peso seco raíz Mg/planta
1	148.01 A	87.65 A
2	149.14 A	81.30 A
3	159.28 A	87.43 A
4	121.38 A	88.46 A
5	137.45 A	80.80 A
6	133.36 A	85.00 A
7	158.64 A	80.01 A
8	148.54 A	87.66 A
9	121.38 A	79.08 A
10	151.72 A	74.95 A
11	138.76 A	83.48 A

[&]Promedios seguidos con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$)

4.7 Peso seco de la raíz

De acuerdo al análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$) entre tratamientos para la variable peso seco de raíz (Cuadro 4.5) deduciendo que estadísticamente todos los tratamientos son iguales, presentando un Coeficiente de Variación de 14.75 %.

La prueba de comparación de medias resultaron todos los tratamientos en un mismo grupo estadístico (Cuadro 4.6), pero numéricamente el T4 y el T8 fueron el de mayor peso seco de la raíz (88.46 y 87.66 3 mg Planta⁻¹) y T10 fue el de menor valor con respecto al testigo.

4.8 Materia Seca

De acuerdo al análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas (Tukey $P \leq 0.05$) entre tratamientos para la variable materia seca (Cuadro 4.7), donde al menos un tratamiento tuvo un comportamiento diferente al resto; presentando un Coeficiente de Variación de 11.97 %.

Se realizó una prueba de comparación de medias, entrando cinco grupos estadísticos, donde los tratamientos T7, T10, T8 obtuvieron mayor peso en materia seca con 1844, 1718, 1676 mg Planta⁻¹ respectivamente; estos tratamientos tienen una composición principal a base de micorrizas *Glomus intraradices* el resultado en esta variable corrobora lo citado por Reveles (2011) al realizar sus trabajos en *Cucurbita pepo* L. donde inoculo la semilla teniendo efecto positivo en el acumulación de materia seca.

El tratamiento con menor peso en materia orgánica fue el T4 con 1015.2 mg Planta⁻¹ por debajo del resultado obtenido para el testigo (T1: 1079.5 mg Planta⁻¹)

Cuadro 4.7 Análisis de varianza para la variable Materia Seca de plántulas normales de frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2012.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Materia Seca mg/planta
Tratamientos	10	300008.250 **
Repetición	3	11017.457 ^{NS}
Error	30	27476.501
%CV		11.97

NS=No significativo; **=Altamente significativo; *=Significativo

Cuadro 4.8 Comparación de medias para la variable Materia Seca de plántulas normales de frijol Pinto Saltillo, tratado con diferentes bioestimulantes en laboratorio, Saltillo, 2011

Tratamiento	Materia seca Mg/planta
1	1079.5 D E
2	1424.9 B C D
3	1276.8 C D E
4	1015.2 D E
5	1141.5 D E
6	1389.1 B C D E
7	1844.0 A
8	1676.0 A B C
9	1465.6 A B C D
10	1718.4 A B
11	1199.8 D E

& Promedios seguidos con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$)

V. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados de este trabajo y en consideración a los objetivos planteados se concluye que:

La aplicación de bioestimulantes orgánicos (Micorrizas genero *Glomus intraradices*, Algas, Humus) y un químico (Biosyme) a la semilla de Frijol variedad Pinto Saltillo tiene efectos positivos en el aumento de la calidad fisiológica, sin embargo el uso de los productos orgánicos tiene mayor respuesta en capacidad de germinación, disminuyendo las anormalidades y reduciendo el porcentaje de semillas sin germinar.

Al aplicar el producto *Glomus Bajío Café* (en experimentación), se obtuvo la mayor capacidad germinativa con ausencia de anormalidades y semillas sin germinar; consiguiendo enriquecer la calidad fisiológica de la semilla aportando nutrientes y hormonas que por daños en campo (helada) y latencia (testa dura) se habían perdido. Dicho efecto también se reflejó en vigor estando entre los valores más altos de peso seco de la raíz y materia seca.

Los productos a base de micorrizas genero *Glomus intraradices* (Micorrizas INIFAP *Glomus Bajío Gris*, *Glomus líquido*, *Glomus Biofabrica*, *Burize*ST) tiene aumentos considerables en capacidad de germinación y producción de materia seca, sin embargo produce diferentes respuestas en vigor.

Cuando se aplica humus de lombriz UAAAN tiene un efecto positivo en el aumento de capacidad de germinación, vigor y materia seca sin embargo no aporta los suficientes nutrientes y hormonas para mejorar al máximo la calidad fisiológica.

La aplicación de productos a base de algas (*Alga Enzim* y *Algaroot*) produce bajos efectos en aumentar la calidad fisiológica y la producción de materia seca sin embargo aumenta el peso seco de raíz e hipocotilo.

En la aplicación de Biosyme (comercial) resultaron efectos positivos en el aumento de capacidad de germinación y disminución de anormalidades sin embargo aumenta la existencia de semillas sin germinar; el efecto de su poco enriquecimiento de nutrientes y hormonas a la semilla la clasifican comercialmente no viable.

VI. LITERATURA CITADA

Aguirre–Medina, J. F. y Velasco–Zebadúa, E. 1994. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en *Leucaena leucocephala* Lam. (De Wit) al inocularse con micorriza VA y/o *Rhizobium loti*. J. Agric. Téc. Méx. 20(1):43–54.

Alarcón A., Davis F.T. Jr., Egila J.N., Fox t.C., Estrada-Luna A.A., Ferrera-Cerrato R. 2002. Short term effects of *Glomus claroideum* and *Azospirillum brasilense* on growth and root acid phosphatase activity of *Carica papaya* L. under phosphorus stress. Rev. Latinoam. Microbiol. 44:31-37.

Alarcón, A. y Ferrera–Cerrato, R. 2000. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. Agric. Téc. Méx. 26(2): 191–203.

Alcaraz, I.J.O. 1986. Efectos de Biozyme Ts. en la germinación de semillas y vigor de las plántulas para trasplante en Chile (*Capsicum annuum* L.) cv. Tampiqueño. Tesis Ingeniero Agronomo Horticultor. UAAAN

Arias, J.H., Jaramillo, M.; Rengifo, T. 2007. Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fríjol Voluble. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Gerencia de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Antioquia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, La Selva. Medellín, Colombia. 167 p

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

Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1975 Seed vigor testing handbook. Contribution No. 32 to the Handbook on Seed Testing. Pp.20 – 25 USA

Association of Official Seed Analysts (AOSA) 1983. Seed vigor testing handbook. Contribution No. 32 to the Handbook of official Seed. United States of America. 88p.

Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1993. Rules for testing seeds. *Journal of Seed Technology*. (16) 3: 43

Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1993. Handbook on Tetrazolium Testing. Contribution No. 32 to the Handbook on seed testing, U. S. A. pp 54

Barrera, G.J.L.; Salazar, S.E.; Borodanenko, A.; Reyes, R.D.M. 2003. Aplicación de composta, vermicomposta más algaenzims mr en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica L.). Memoria de Resúmenes del X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, IX Congreso Nacional y II Internacional de la Asociación Mexicana de Horticultura Ornamental. 20 al 24 de octubre del 2003. Chapingo, México. 10: 75

Barrios, G.E. y López, C.C. 2009. Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. *Agrociencia* 43: 29-35.

Barreto, O.F.M. 1999. Efecto del Algaenzims^{MR} sobre el rendimiento y calidad de fruto de dos híbridos de melón (*Cucumis melo* L.) cultivados en acolchado transparente bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Departamento de Horticultura. División de Agronomía. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Saltillo, Coahuila. México.

Bashan Y. 1986. Significance of timing and level of inoculation with rhizosphere bacteria of inoculation with rhizosphere bacteria on wheat plants. *Soil Biol. Biochem.* 18:297-301.

Bethenfalvay, G. J. 1993. The mycorrhizal plant–soil system in sustainable agriculture. In: Ferrera–Cerratos, D. y Quintero, L. R. (eds.). *Agroecología, sostenibilidad y educación*. Colegio de Posgraduados. Centro de Edafología. Montecillo, Estado de México, México, p 127–137.

Bidwell, R.G.S. 1993. *Fisiología Vegetal*. Primera edición en español. Ed. AGT Editor. Primera Edición. México, D.F.

Bioenzymas, S.A. 1981 <http://trade.mar.cx/CL90755>

Blunden G (1977) Cytokinin activity of seaweed extracts. In: Faulkner DJ, Fenical WH (eds) *Marine Natural Products Chemistry*. Plenum, New York, pp 337–344

Bolletta A., Venanzi S. y H. Krüger 2002. Respuestas Del Cultivo De Trigo A La Inoculación Con Biofertilizantes En El Sur De La Provincia de Buenos Aires. <http://www.crinigan.com/trigo.htm>

Borrajo, C.I. 2006. Importancia de la calidad de semillas: Curso internacional en ganadería bovina subtropical. 6 de Noviembre. Reconquista, Argentina. 8 p

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

Robson. 1994. Zn uptake in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) by three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in a root-free sandy soil. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 1117-1124.

Canales López, Benito. 1997. Las Algas en la Agricultura Orgánica. Editado por el Consejo Editorial del Estado de Coahuila. (1997). pp 323.

Casini, C. 2007. Producción de semillas. *Análisis de Semillas* 1: 54-59

Castellanos J.Z., M. Guzmán H., A Jiménez, C. Mejía, J.J. Muñoz R, J. A. Acosta G., G. Hoyos, E. López S., D. González E., R. Salinas P., J. González A., J. A. Muñoz V., P. Fernández H. y B. Cáceres (1997). «Hábitos preferenciales de los consumidores de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en México». *Rev. Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. 47 (2): 163–167.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1980. Semilla de frijol de buena calidad. Guía de estudio para ser usada como complemento en la Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema. 2da. Ed. Cali, Colombia. 42 p

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1981. Evaluación de la calidad de semilla de maíz. Guía de estudio para ser usada como complemento en la Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema. Cali, Colombia. 21 p

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1983. Metodología para obtener semillas de calidad: Arroz, Frijol, Maíz, Sorgo. CIAT. Serie 07 sse (1)83. Cali, Colombia. 200 p

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 2000. Técnicas para la germinación de semillas forestales.

Chen J.H. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizer and/or biofertilizer for crops growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. Land Development Department Bangkok, Thailand. p 323.

Coperland, L. O. and M.B. Mc Donald. 1985. Principles of seed and technology 2° Ed. Mac Millan Publishing Company. United States of America. 321 p.

Corbera, J.; Nápoles, M. C.; Núñez, M. y Fernández, F. Empleo del conjunto de biofertilizantes y el estimulador del crecimiento vegetal BB-16 como tecnología para la producción de soya (*Glicine max.*) cultivada sobre un suelo ferrasol. En: Memorias del Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo. (4:2006.mar 8-10:La Habana) 2006.

Cronquist, A. 1982. Introducción a la Botánica. Continental . p. 665.

Cruz R., E. de la; Manalo, M. Q.; Aggangan, N. S. and Támbalo, J. D. 1988. Growth of three legume trees inoculate, with VA mycorrhizal fungi and *Rhizobium*. Plant and Soil 108:111–115.

Cuadra de la, C. 1992. Germinación, latencia y dormición de las semillas dormición en las avenas locas. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Secretaria General de Estructuras Agrarias. Hojas divulgadoras 3. Cuesta de San Vicente, Madrid. 24 p

Cuéllar, O.S. y Covarrubias, R.A. 2005. Alternativas para enfrentar la sequía en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.). Claridades Agropecuarias 142: 32-41

Cupull S.R., Guerra P.G., Cupull S.M.C., Ferrer V.M., Pérez N.C. 2002. Efecto de *Trichoderma viride* y *Azotobacter chroococcum* en la estimulación de la germinación y el desarrollo de posturas de *Carica papaya* Lin. Centro Agrícola 4:30-33.

Delouche, C.J. 2002. Germinación, deterioro y vigor de semillas. Revista SEED News

Delouche, C.J. 2005. Calidad y desempeño de la semilla. Revista SEED News

Doorenbos, J.; A.H Kassam: *Yield response to water*, 193pp., Irrigation and Drainage Paper N° 33. FAO: Rome, 1979.

Díaz, H.C. 2005. Efecto de AlgaEnzims^{MR} y Nitrato de Potasio (KNO₃) en la germinación de semilla de cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitomejoramiento. División de Agronomía. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Saltillo, Coahuila. México.

Engleman E.M. (1991). Antecedentes; en E. Mark Engleman (Editor), Contribuciones al conocimiento de frijol (*Phaseolus*) en México, Colegio de Postgraduados, Chapingo Mex. pp. 15

<http://www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/articulos/materia-seca-t3585/089-p0.htm>

FAO (2008). Base de datos estadísticos. Disponible en: <http://www.fao.org>. Consultado 26/09/2008.

Federacion Nacional de Cultivadores de cereales y leguminosas (FENALCE) http://www.fenalce.org/pagina.php?p_a=51)

Ferraris, G.N.; Couretot, L.A.; Ponsa, J.C. 2007. Evaluación del efecto de un fertilizante foliar nitrogenado sobre el rendimiento, sus componentes, la eficiencia de uso del nitrógeno y la calidad en cebada cervecera y trigo. INTA-Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información técnica de trigo y otros cultivos de invierno. Publicación Miscelánea 107: 45-56

Fernández, F. 2003. La simbiosis micorrízica arbuscular, en el manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: El Caribe. Primera Edición, La Habana:Ediciones INCA, p. 13-48.

F. Fernández , J. M. Dell'Amico, Kalyanne Fernández, I. de la Providencia y Asunción Morte. 2006. Inoculantes de hongos micorrízicos arbusculares de *Glomus mosseae* Y *Glomus sp* en medio líquido. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cultivos Tropicales, La Habana, Cuba (26), 4: 29-36

Fertilizante Natural Obtenido por lombricomposteo

<http://www.getiopoli.com/recursos/documento/fulidocs/emp/lombrices.htm>).

Financiera Rural (FIRA). 2009. Monografía frijol. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. México, D.F. 4 p

Flores H., A. 2004. Introducción a la tecnología de las semillas. 1ª Edición. Departamento de Publicaciones de la Dirección General de Difusión Cultural y Servicio de la UACH. UACH. México. p. 61 - 78.

Gardezi, A. K. *et al.* 1995. Endomycorrhiza, rock phosphate, and organic matter effects on growth of *Erythrina americana*. En: Nitrogen Fixing Tree Research. (13): 48-50

García, E.R.; Carrillo, F.A.; Márquez, S.I.; Araiza, L.E.; Angulo, E.M. 2003. Efecto de extracto de algas marinas (acadian en rendimiento y calidad de frutos en cultivo comercial de tomate. Memoria de Resúmenes del X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, IX Congreso Nacional y II Internacional de la Asociación Mexicana de Horticultura Ornamental. 20 al 24 de octubre del 2003. Chapingo, México. 10: 109

Galussi, A.A. 2007. Cuestiones sobre semillas duras de leguminosas forrajeras. Análisis de Semillas 1: 40-43

Gaceta Agrícola. 1980. nuevo producto enzimático para incrementar la producción agrícola. Guadalajara, Jal. Febrero 29.

Giovannetti, M. Spore germination and pre-symbioticmicelial growth. En: Arbuscular mycorrhizas: Physiology and Function. 2000, p. 47-68.

González, T.G.; Mendoza, H.F.; Covarrubias, P.J.; Morán, V.N.; Acosta, G.J. 2008. Rendimiento y calidad de semilla de frijol en dos épocas de siembra en la región del bajo. Agricultura Técnica en México Vol. 34(4): 421-430

Hampton, J.G. 2001 ¿Qué Significa Calidad de Semillas? Revista SEED News pp 10.

Hegde S.V., Brahmprakash G.P. 1992. A dry granular inoculant of *Rhizobium* for soil application. Plant Soil. 144:309-311.

Hernández, G.G.A. 2002. Estimulación de la Germinación de la Semilla de Maíz (*Zea mays* L.) y Trigo (*Triticum aestivum* L.) mediante reguladores sintéticos. Tesis Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Hung, L. L y Sylvia, D. M. Production of vesicular arbuscular mycorrhiza fungus inoculum in aeroponic culture. Appl. Environment Microbiology, 1988, vol. 54, p. 353-357.

INFOJARDIN (<http://www.infojardin.net/glosario/acicula/acidofulvicoacidosfulvicos.htm>).

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2008. Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades del frijol en América Central. Proyecto Red de Innovación Agrícola. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Managua, Nicaragua. 32 p.

International Seed Testing Association (ISTA). 1985. International Rule for Seed Testing Rules. Seed Sci. & Technol. Zürich, Switzerland. 101-107 p.

Linderman, R. G. 1993. Effect of microbial interactions in the mycorrhizosphere on plant growth and health. *In: Agroecología, sostenibilidad y educación*. Ferrera-Cerratos, D. y Quintero L., R. (eds.). Colegio de Posgraduados. Centro de Edafología. Montecillo, Estado de México, México.

Linney, C (1753) *specie plantarum*, Tomo I, Laurentii Salvii, 560 p. Disponible en: <http://www.botanicus.org/page/358012>. Consultado 12 de octubre de 2008.

Maddonni G., Ruiz R., Vilariño P. e I. Garcia 2003. Capítulo 17: Dinámica de los Nutrientes en el Sistema Suelo-Planta. En Producción de Granos. Bases Funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía. p. 469-474.

Martínez, L.S.; Verde, S.J.; Maiti, R.K.; Oranday, C.A.; Gaona, R.H.; Aranda, H.E.; Rojas, G.M. 1999. Efecto de un extracto de algas y varios fitorreguladores sobre el valor nutricional del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. var *gigant*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 49(2): 166-170

Martínez, L.S.J.; Nuñez, G.A.; García, D.G.; Moreno, L.S.; Verde, S.J.; Cárdenas, A.M.; Eguida, Q.B. 2002. Efecto del producto comercial Algaenzims sobre el crecimiento de dos variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en etapa temprana. ΦYTON. International Journal of Experimental Botany : 157-162

Martínez, L.S.J.; Verde, S.J.; Torres, C.T.E.; Maiti, R.; Moreno, L.S.; García, A.E.I. 2000. Efecto del producto comercial Algaenzims sobre el crecimiento y desarrollo de algunas variedades de frijol, (*Phaseolus vulgaris* L). en etapa temprana. ΦYTON. International Journal of Experimental Botany 68: 65-75

Mesa R.J.R., Gómez C.J.L., Rodríguez C.O., Parets S.E., Soto O.R. 2006. Efecto de Trichoderma y micorrizas en la producción de posturas de *Carica papaya* L. Centro Agrícola. 3:75-81.

Montes, R.G., Solis. G., M. Quintos, E. M., (2001). Efecto del inoculante comercial BuRIZE. (*Glomus intraradices*) sobre el desarrollo de *Pinus engelmannii* CARR. Departamento de Biotecnología del Instituto Tecnológico Forestal El Salto, Pueblo Nuevo Durango. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 7(2): 123-126.

Moreno, M.E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología-UNAM. México, D.F. 334 p

Morton, J.B. 1988. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi : Classification nomenclature, and identification. Mycotaxon 32 : 267-324.

Morton, J. B. y Redecker, D. Two new families of *Glomales*, *Archaesporaceae* and *Paraglomaceae*, with two new genera *Archaespora* y *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters. Mycología, 2001, 93, 1, 181-185.

Mosse, B. 1986. Micorriza in sustainable agriculture. Biol. Agrie. Hortic. 3:191–209.

Muruaga, M.J.; Acosta, G.J.; Garza, G.R. 1993. Estudio preliminar de las enfermedades y plagas insectiles en las colectas de *Phaseolus* de México. Agronomía Mesoamericana 4: 86-90

Okon, Y. and Labandera, C. 1994. Agronomic applications of *Azospirillum* evaluation of 20 years world wide field inoculation. Soil Biol. 26 (12): 1591–1601.

PALAU BIOQUIM, S.A. DE C.V. (<http://www.agroquimicos-organicosplm.com/algaenzims-103-3#inicio>).

Paredes, L.O., F. Guevara L. y L.A. Bello P. (2006). Los alimentos mágicos de las culturas mesoamericanas, Fondo de Cultura Económica, 205 p.

Pérez, G.J. 2004. Efecto de tres productos foliares y uno al suelo en chile serrano (*Capsicum annuum* L.) en Tepatepec, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Departamento de Horticultura. División de Agronomía. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Saltillo, Coahuila. México.

Popinigis, F. 1985. Fisiología da Semente. Ministério da Agricultura. Brasília. AGIPLAN. 289 p.

Radillo, J. F.(2009). Efecto de abonos orgánicos e inorgánicos en la producción del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq) variedad "tanzania". VI Simposio Internacional de Pastizales. INIFAP-Colima. Campo Agrícola Experimental de Tecomán, Colima. pp 28.

Read, D.J. 1984. The structure and function of vegetative mycelium of mycorrhizal roots. P. 215-240. In D.H. Jennings and A.D.M. Rayner The ecology and Physiology of the fungal mycelium. Cambridge U. Press, New York.

Reveles, H. M. 2011 efecto de aplicación de glomus intraradices en el desarrollo vegetativo y radicular de plántulas de *curcubita pepo* l. INIFAP, Campo Experimental Zacatecas. Producción agrícola – agrofaz. (11): 15

Reyes, C.P.1992. Diseño de experimentos aplicados: agronomía, biología, química, industrias, ciencias sociales, ciencias de la salud. 3a. Ed. Ed. Trillas S.A. de C.V. México, D.F. 348 p.

R. Gordon Halfacre, John A. Barden. 1984 Horticultura

Robson, B. et al. Benefits of VA mycorrhizas in agricultural and horticultural production. 1993. P: 76. In Abst. of Oral and Poster presentation of the 9 th North American Conf. on Mycorrhizae. Univ. of Guelph, Guelph, Ontario, Canada. 1993.

Rodriguez, A. F. 2009 Evaluación de cuatro bioestimulantes comerciales en el desarrollo de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* l). cultivar nacional. ESPC Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador pp 2

Ruiz Corral ARIEL José, Guillermo Medina G., Irma Julieta González a., Ceferino Ortiz T., Hugo E. Flores L., Ramón Martínez P. Y Keir F Byerly.1999. Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Salisbury, F.B., and C.W. Ross. 1978. Plant Physiology 2nd edition. Wadsworth Publishing Company, Inc. Belmont California. pp 3

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2007. Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. Dirección General de Bibliotecas. México, D.F. 17 p

Shafir, G. R.; Boyer, J. S. and Gerdeman, J. W. 1972. Nutrient status and mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Plant Physiol.* 49:700–703.

Statistical Analysis System (SAS) 2003. Institute Inc., Cary, NC. USA.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2011. Avance de siembras y cosechas: resumen nacional por estado. México.

Sánchez, M.J.; Padilla, G.J.; Sandoval, I.E.; Arellano, R.L.; Avendaño, L.A.; Gómez, C.S. 2006. Terminología de semillas. Departamento de Producción Agrícola-División de Ciencias Agronómicas. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Ed. Prometeo Editores. Guadalajara, Jalisco, México. 1440 pp.

Schnitzer, M. and H. R. Schuelten. 1995. Analysis of organic matter in soil extracts and whole soils by pyrolysis-mass spectrometry. *Advances in Agronomy*, (55):167-217.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR), 2000 Situación actual y perspectiva de la producción de frijol en México 1990- 2000 CEA-GAR, México 52 p.

Senn, TL, Kingman AR (1978) Seaweed Research in Crop Production 1958-1978. Report No. PB290101, National Information Service, United States Department of Commerce, Springfield, VA 22161.161 pp.

Serrano, C. 2005. Sistema de investigación del cultivo de frijol en México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Chapingo – Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnologías de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Chapingo, Edo. de México.

Sparks, D. L. 2000 “Advances in Agronomy”, Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware Network, Delaware. Academic Press.pp 68

Stephenson WA (1974) Seaweed in Agriculture & Horticulture, 3rd edition, B and G Rateaver (eds), Pauma Valley, CA. 241 pp

Stevenson, F. 1981. Chemistry: Genesis composition and pelation wilwx. New York, USA.

Sylvia, D. 1998. The promise (and obstacles) of AMF inoculation. Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil-plant systems. Report of 1997 activities, cost Action 821, Iceland; p. 152..

Sylvia, D. M. y Jarstfer, A. G. 1992. Sheared-root inocula of vesicular arbuscular mycorrhiza fungi. *App. Environment Microbiology*, (1): 229-232.

Sylvia, D.M. 1990. Distribution, structure, and function of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. P. 144-167. In J.E. Box and L.H. Hammond (ed.) *Rhizosphere Dynamics*. Westview Press, Boulder, CO.

Tarango, T.R. y Macías, L. B. 2004. Micorrización natural e inducida en nogal pecanero . Instituto nacional de investigaciones agrícolas, forestales y pecuarias. Delicias, Chihuahua

Taylor, A.G.; Harman, G.E. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. *Phytopathology*. (28): 321-339

Teusher, H. 1982. El suelo y su fertilidad. Editorial Continental. México. pp 24

Terry- Alfonso, E y Leyva- Galan, A 2006. Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en tomate. *Revista Agronomía Costarricense*, 30 (1): 65-73

Valdés M., Reza-Alemán F., Furlan V. 1993. Response of *Leucaena esculenta* to endomycorrhizae and Rhizobium inoculation. *World J Microbiol Biotechnol*. 9:97-99.

Velasco, P.L. 2005. Aplicación de productos orgánico-hormonales en la estimulación de la germinación en semilla de Avena (*avena sativa* L.) Tesis de Licenciatura en Ingeniero agrónomo en producción, UAAAN, México.

Vershey-Kevin, J. 2003. Plant growth promoter rhizobacteria as biofertilizers *Plant and Soil*, 255:571-586

Ventura, E.R. 1991. Fenología y Fenometría de una Variedad y una Línea de Frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la Zona Occidental de El Salvador. *Agronomía Mesoamericana* 2: 56-60

Viera, E.L and P.R.C Castro. 2004. Uso de Bioestimulante en la cultura de soja (*Glycine max* (L) Merrill). Cosmópolis: Stoller do Brasil. pp 23

Voysest V. O. (2000) *Mejoramiento genético del frijol (Phaseolus vulgaris L.)*, Centro Americano de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 195

Voysset V.O. (1983). *Varietades de fríjol en América Latina y su origen*, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 86 p.

Waterer D.R., Coltman R.R. 1988. Phosphorus concentration and application interval influence growth and mycorrhizal infection of tomato and onion transplants. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 113:704- 708.

Weaver. R.J. 1984. *Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura*. Editorial Trillas. Tercera edición. pp 622.

Werner, D. 1992. Physiology of nitrogen–fixing legume nodules. Compartments and functions. *In*: Stacey, G.; Burris, R. H. and Evans, H. J. (eds.). *Biological nitrogen fixation*. Chapman & Hall. New York, USA. p399–431

Young, C. C; Juang, T. C. and Chao, C. C. 1998. Effects of *Rhizobium* and vesicular arbuscular mycorrhiza inoculations on nodulation, symbiotic nitrogen fixation and soybean yield in subtropical–tropical fields. *Biol. Fétil. Soils* 6:165–169.

Zebadua, M.R. 2006. Respuesta de la germinación en la semilla de tomate (*Lycopersicon Esculentum, Milll*) a la aplicación de diferentes productos orgánicos. Tesis de licenciatura en Ingeniero Agrónomo en Producción, UAAAN, Mexico