

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Efecto Sinérgico de Algaenzims y Poliacrilato de Potasio en las Variables Fisiológicas del Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y en la Retención de Humedad de Cuatro Sustratos Bajo Invernadero.

Por:

MARIA ESPERANZA HERNÁNDEZ RUIZ

TÉSIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2012.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Efecto Sinérgico de Algaenzims y Poliacrilato de Potasio en las Variables Fisiológicas del Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y en la Retención de Humedad de Cuatro Sustratos Bajo Invernadero.

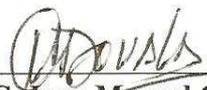
Presenta:

María Esperanza Hernández Ruíz

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

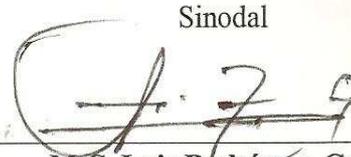
INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

A P R O B A D A


M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala
Asesor Principal


M.C. José Omar Cárdenas Palomo
Sinodal Externo


M.C. Alejandra Rosario Escobar Sánchez
Sinodal


M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez
Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2012.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

A quien me regalo esta vida maravillosa donde eh podido convertir los sueños en realidad, quien a estado conmigo en los todos los momentos sobre todo en los momentos que necesito de él para vencer obstáculos de la vida. Todo lo que me ah dado para llegar a este logro poniéndome retos, obstáculos, dificultades para valorar saborear la vida y valorar lo bueno, haciéndome sentir afortunada de tener esta vida tan hermosa, gracias a ese ser divino. Donde quiera que esté sé que me estará conmigo.

A mi querida

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Que me recibió abriendo sus puertas cuando buscaba una institución donde realizar mis estudios profesionales, convirtiéndose en mi segunda casa, dándome cobijo y alimentando mis conocimientos. Agradezco profundamente a mi Alma Mater por su formación académica y todos los momentos alegres que viví dentro de ésta institución, y sobre todo los buenos amigos que en ella encontré.

A mis compañeros de la carrera Agrícola y Ambiental

Daniel, Fermín, Froylan, Eliel, Romairo, Pablo, Pedro, Axel, Salvador, Artemio, Jorge, Roberto, Miguel, Hugo, Jairo, Agustín, Pedro Cruz, Juan Carlos. Con quienes compartí momentos inolvidables durante la formación académica, gracias a ellos por regalarme un poquito de su tiempo y sobre todo de su amistad.

En especial a quienes se convirtieron en mis mejores amigos a **Ma. Esperanza Morales Díaz, Karla Adriana Flores Ceja, Nancy Ramos Mancilla, Karen Alí Hernández León, Selene Veatriz Can Yam, Jesús Campos Cruz, José Alberto López Nava**, con los que aprendí mucho y compartí los mejores momentos que siempre los llevare guardados en mi corazón. Esos momentos de estudiantes que me llevaron a conocerlos más y a quererlos tal y como son a ellos les expreso mis más sinceros agradecimientos.

A mis amigos

A esas personitas especiales que de una u otra forma estuvieron cerca de mi, Claudia Núñez Gómez, Jaime del Ángel, Víctor Jiménez, Sergio Rodrigo, Javier de Jesús, Efrén Torres Vázquez, Víctor Pacheco, Rosalina Vázquez, Christian Ariel, y a la familia Torres Vázquez.

A la Empresa Palau Bioquim

A todos los que laboran en ella, debo agradecer su apoyo para poder realizar éste trabajo, gracias por su confianza encontré personas que admiro y respeto, a todos muchas gracias.

En especial el **Ing. Benito Canales L.** que de él aprendí a valorar este pequeño logro de muchos que tendré que cumplir.

Al **M.C. José Omar Cárdenas Palomo**, quien fungió como mi asesor pero también como una persona de confianza con el que aprendí cosas nuevas y sobre todo me impulso para lograr lo que me proponga, gracias por su tiempo y dedicación lo logré, siempre tendré en mente sus palabras para poner el alto éste titulo y actuar con ética y responsabilidad.

Al C. Maximino Orocio Colunga .

Me dio gusto haber conocido una parte del ser humano que es, gracias por haber estado ahí apoyándome y brindándome su amistad, lo conocí por poco tiempo pero fue suficiente para tomarle un cariño especial.

A mis asesores

M.C. José Omar Cárdenas Palomo

M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala

M.C. Alejandra Rosario Escobar Sánchez

A mis Maestros

M.C. María Elena Góngora Hernández

Ing. Carlos Ramos Velis

M.C. José de Jesús Rodríguez Sahagún

M.C. Rommel de la Garza Garza

Gracias por sus consejos, tiempo y dedicación que fue mas allá de ser un maestro y alumna, con ellos tuve la confianza de expresarme un poco más, gracias por escucharme y darme consejos para continuar mi camino profesional, llevo un recuerdo grato de cada uno.

DEDICATORIAS

A mis Padres

Pedro Hernández Díaz y Dionisia Ruíz López

Por haberme obsequiado el mejor regalo y la mejor herencia de mi vida, siempre guiándome por un buen camino y sobre todo dándome amor y cariño incondicional en los en todos los momentos de mi vida. Gracias a ellos pude terminar esta etapa que marcará un nuevo comienzo, por sus consejos y perseverancia, a ellos dedico éste trabajo porque son quienes llevan este título.

A mis Abuelos

Lucas Hernández Hernández Pascuala Díaz Hernández

Andrés Ruíz Ruíz Juana López

Por sus valiosas palabras y consejos eh llegado a la meta, a ellos quienes me brindaron su amor y confianza.

A mis Hermanos

Amado Hdez, Sandra A. Hdez, Flor de Ma. Hdez, Ana Sofía Hdez, Guadalupe de J. Hdez y Guillermo Hernández. Que con mucho humor y alegría siempre estuvieron dándome ánimos para lograr esta batalla creyendo que este día llegaría.

A mis cuñados

Santiago Vázquez Hernández Cecilia Ivonne Pérez Díaz

A ellos que pasaron a formar parte de la familia ganándose un lugar en mi corazón. Con su cariño siempre me hicieron sentir parte de ellos, preocupándose por mi bienestar.

A mis sobrinos

P. Fabián Hdez, Eyber S. Vázquez, Alexander Vázquez, L. Joselyn Pérez, Andrea Vázquez.

A esos pequeñines que desde que llegaron han llenado mi vida de una manera mágica y con quienes eh convivido mucho. Con su carisma y alegría los eh llegado a querer mucho, con sus travesuras y amor se ganaron mi corazón.

También hago mención del **Ing. Efrén Torres Vázquez** quien me acompañó durante casi los 5 años de mi carrera profesional y con quien compartí momentos muy especiales, con altas y bajas coincidimos en muchas cosas que se quedarán guardados en mi corazón, quien conviví de una manera especial compartiendo todas las emociones, sentimientos, bien o mal aprendimos muchas cosas como valorar cada momento de la vida.

Y a toda mi familia, les comparto y dedico éste título porque cada uno de ellos pusieron un granito de arena para culminar mis estudios profesionales, aconsejándome siempre para culminar mis estudios profesionales y por confiar en mí.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
OBJETIVO	4
HIPÓTESIS	5
REVISIÓN DE LITERATURA	6
Manejo agronómico del Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	6
Clasificación Taxonómica	8
Generalidades del Frijol (<i>Phaseolus Vulgaris</i> L.)	9
Generalidades del Polímero	11
Hidrogeles biopoliméricos potencialmente aplicables en agricultura.....	12
Aplicaciones de los polímeros en plásticos para la Agricultura	14
Efecto del Poliacrilato de Potasio en los Cultivos Agrícolas	16
Caracterización de las propiedades visco elásticas de hidrogeles de poliacrilamida	19
El efecto de acondicionamiento del sustrato con hidrogeles de acrilamida en suelo	21
Capacidad de Retención	22
Generalidades del ALGAENZIMS ^{MR}	24
Aplicación del Algaenzims en la Agricultura	29
Importancia de la fotosíntesis en las plantas	32
Importancia de la clorofila y su medición.....	35
MATERIALES Y MÉTODOS	41
Ubicación del área experimental	41
Características climáticas del Invernadero	42
Extracción de suelos (suelo arenoso y suelo arcilloso) para preparar las macetas	42
Preparación del sustrato	43
Preparación de macetas	43
Trasplante.....	43
Riegos	44
Preparación de las concentraciones de Algaenzims y el Poliacrilato de Potasio .	44
Aplicación de Tratamientos	44
Tratamientos	44
Corte de Plántulas.....	45
Diseño experimental y análisis estadístico	46

Altura de la planta	46
Cantidad de clorofila en las hojas.....	46
Contenido relativo de clorofila.....	47
Toma de datos de Peso Fresco.....	48
Toma de datos de Peso Seco.....	48
Prueba de retención de agua.....	48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
Variables fenológicas.....	50
Peso fresco de la raíz de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	50
Peso fresco de la planta del Cultivo de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	52
Diferencia de la altura de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) muestreo 1.....	53
Diferencia de altura de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) muestreo 2.	56
Diferencia de altura de los dos muestreos tomados de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	58
Resultados estadísticos de las diferencias de medias del peso seco de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	60
Resultado estadístico del peso seco de la raíz de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .	62
Resultados estadísticos de la diferencia de medias de la cantidad de clorofila en 3 fechas de muestreo.	63
Resultados del volumen (ml) drenado en base al promedio del peso (gr) y volumen agregado (ml).	64
Resultados de capacidad de retención de agua en 4 tipos de sustratos.....	67
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
LITERATURA CITADA	72
ANEXOS	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	8
Figura 2. Estomas de hojas de Lotus (130 X). Se indican las células oclusivas y el orificio o estoma. Izquierda estoma abierto, derecha estomas cerrados.....	33
Figura 3. Modelo de una molécula de clorofila. La región inferior de la molécula corresponde a una cadena hidrofóbica.....	34
Figura 4. Espectro electromagnético. Se representan las regiones del espectro y sus longitudes de onda.....	34
Figura 5. Superficie relativa cubierta por los principales grupos de suelo en México.....	40
Figura 6. Ubicación geográfica del área experimental.....	41
Figura 7. Determinación del contenido de clorofila en las hojas con el sensor SPAD 502 (Minolta Corporation) en plantas de maíz.....	47
Figura 8. Prueba de retención de agua en los 16 tratamientos.	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Etapas y dosis de aplicación para hortalizas.	27
Cuadro 2. Dosis de aplicación Foliar.	27
Cuadro 3. Etapas y dosis de aplicación para gramíneas.	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de medias del peso fresco de la Raíz.....	51
Tabla 2. Comparación de las medias del peso fresco en gr. de planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	53
Tabla 3. Altura de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el primer muestreo	55
Tabla 4. Comparación de medias de altura de la planta de frijol del segundo muestreo	57
Tabla 5. Comparación de medias en la diferencia de altura de dos muestreos (inicial y final) de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	59
Tabla 6. Diferencia de medias del peso seco de la hoja de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	61
Tabla 7. Comparación de medias del peso seco de la raíz de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	62
Tabla 8. Diferencia de medias de la cantidad de clorofila en las hojas de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	63
Tabla 9. Promedio de peso del suelo (gr), volumen agregado (ml) y volumen drenado (ml) de los tratamientos.....	65
Tabla 10. Tabla de resultados de capacidad de retención de agua en 4 tipos de sustratos.....	67

RESUMEN

El presente trabajo describe el efecto en el suelo del Poliacrilato de Potasio comparándolo con el producto ALGAENZIMS^{MR} y la mezcla, en la retención de agua en el suelo y su influencia en el desarrollo de las plantas, en esta investigación, se utilizó como cultivo indicador plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), realizando el experimento en un invernadero convencional perteneciente a la empresa Palau Bioquim, S.A. DE C.V., ubicada en la Cd. de Saltillo, Coahuila, México, su ubicación geográfica es: 25° 15' 06.30" N, 100° 59' 35.50" O, con una altura de 1607 msnm.

El método matemático aplicado fue el diseño de bloques completamente al azar, se estableció el experimento en condiciones de invernadero empleando 4 tipos de sustrato: suelo arenoso, suelo arcilloso, vermiculita, peat moss, dando como resultado 16 tratamientos, y se realizándose 3 repeticiones por tratamiento.

Las variables fisiológicas evaluadas en la planta de frijol fueron peso seco, altura, y cantidad de clorofila. Para el suelo se evaluó la capacidad de retención de humedad.

Aplicando poliacrilato de potasio o también llamada "lluvia solida", presentó efecto significativo en el sustrato de peat moss (T10P) en cuanto a capacidad de retención de humedad con 21%. Considerando la mezcla sinérgica del poliacrilato de potasio y el ALGAENZIMS^{MR} para los tratamientos (T14, T16) demostraron mayor efecto superando al testigo con un 21%. El poliacrilato de potasio por si solo no tuvo efecto en el suelo arenoso, sin embargo en el suelo arcilloso (T4P y T5AE) presentó un Incremento del 10% y 6% respecto al testigo (T9t) en vermiculita. En cuanto al ALGAENZIMS^{MR} presentó resultados favorables en la capacidad de retención de humedad, así lo representa un incremento del **19.93%** en el tratamiento del suelo arenoso (T2AE) con respecto al polímero utilizado. Así mismo, se observa un incremento de 6.19% de retención de humedad en el tratamiento en vermiculita (T8) donde se aplicó ALGAENZIMS^{MR}, superando al testigo. En relación del suelo arcilloso (T5AE) el ALGAENZIMS^{MR} se encuentra aún más bajo en la capacidad de retención (2.61%), sin embargo éste tratamiento fue el único en mantener su tendencia en cuanto al contenido al contenido de clorofila con 27.1. Los tratamientos con polímero (T4P) y el testigo (T6t) demostraron lo contrario en el último muestreo.

Palabras clave: Poliacrilato de potasio, Algaenzims y Retención de Humedad.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático representa la mayor amenaza para la supervivencia de la humanidad, éste fenómeno pone en riesgo a la población por sus efectos adversos, que incluyen principalmente la variabilidad y los extremos del clima, incrementando severamente los aspectos negativos de la sequía (Semarnat.gob.mx). Aunado a esto, en nuestro país el abandono de las tierras cultivables es cada día mas alarmante, según cifras oficiales, se calcula que el 45% de las tierras están afectadas por la desertificación y la degradación, lo que representa aproximadamente 90 millones de hectáreas (Oxfam, México 2011). Lo anterior hace necesario implementar acciones para mitigar los efectos de la sequía en la producción agrícola.

Una alternativa contra el problema de la sequía en la Agricultura es el uso de polímeros hidroabsorbentes, que en los últimos años se ha desarrollado un importante trabajo de investigación sobre la elaboración y aplicación de los mismos. Su empleo abarca desde la elaboración de pañales hasta la de los productos para la Agricultura, prótesis médicas, así como aplicaciones en el área de la remediación ambiental, la industria alimenticia y las telecomunicaciones (Estrada *et al.*, 2010).

Sin duda, la sequía es uno de los problemas más importantes a nivel mundial, por lo que una alternativa para aminorar éste problema es el uso de polímeros hidroabsorbentes, como es el caso del Poliacrilato de Potasio llamado también lluvia solida. Este polímero es utilizado como un acondicionador del suelo que interviene en la absorción y retención del agua, concentrándose en la parte radicular de las plantas.

Para evaluar el efecto del Poliacrilato de Potasio en el suelo y su influencia en el desarrollo de las plantas, en ésta investigación se utilizó como cultivo indicador plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

El almacenamiento se forma a partir de granos de poliacrilato de potasio que atrapa el líquido y lo contrae en pequeñas esferas en forma de gel, éste polímero, tiene una capacidad activa de absorción hasta por 7 años (Estrada *et al.*, 2010).

Con la lluvia natural o los sistemas tradicionales de riego, la mayor parte del agua y minerales de la tierra se filtran al subsuelo. Los polímeros, en cambio, los retienen durante largos periodos, y cuando el líquido almacenado se agota pueden volverse a llenar con un mínimo riego. Al aplicar la 'lluvia sólida' en la raíz de las plantas, la humedad permite su siembra, cosecha y sobrevivencia aun en temporadas de sequía.

Barón *et al.*, (2007), señala las siguientes bondades en las aplicaciones de los hidrogeles: mayor facilidad de liberación y retención de agua aprovechable por el suelo, retraso notable del marchitamiento en condiciones hostiles, y es mayor el crecimiento de las especies, entre otros beneficios.

Por otra parte, las algas marinas son parte integral de la ecología y contorno costero. Durante siglos, las zonas agrícolas cercanas a estas áreas costeras fueron abonadas con algas marinas por ser fuente valiosa de materia orgánica para diversos tipos de suelo y para diferentes cultivos de frutales y hortícolas. Hoy día, hay muchas opciones más convenientes para conseguir

los mismos beneficios en su huerto o campo de cultivo. Los abonos de algas marinas existen en forma de polvo de aplicación inmediata para su uso en campos de cultivo y jardines públicos y privados. Además, los extractos líquidos y en polvo de algas marinas de alta calidad se presentan en forma pura o en formulaciones específicas enriquecidas o no con productos que van desde los tradicionales (por ejemplo, fertilizantes, pesticidas, etc.) hasta productos no tradicionales (por ejemplo, enriquecimiento del humus, derivados de pescado, etc.). El número de especies de algas marinas que se encuentran ahora en el mercado es considerable y pertenecen a los géneros *Macrocystis*, *Eklonia*, *Sargassum*, *Durvillia*, *Porphyra*, *Fucus* y *Ascophyllum*. Por supuesto los métodos de procesamiento, la calidad y la eficacia del producto varían ampliamente según la especie de alga marina utilizada. Entre todas las algas marinas y los extractos que se encuentran ahora en el mercado, *Ascophyllum nodosum* quizá es la especie de alga marina que más se ha investigado y usado en aplicaciones agrícolas (Jeff, 2000). Y se ha demostrado que los efectos de retención de humedad probablemente se deben al alginato de las algas pardas, y a su vez mejora la estructura del suelo Clinton J. Dawes (1991).

OBJETIVO

- Evaluar el efecto del Poliacrilato de Potasio en la retención de la humedad de cuatro sustratos y su influencia en el desarrollo del cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de invernadero.
- Evaluar el efecto del ALGAENZIMS^{MR} en la retención de la humedad de cuatro sustratos y su influencia en el desarrollo del cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de invernadero.
- Evaluar el efecto de la mezcla sinérgica del Poliacrilato de Potasio con un producto a base de algas marinas ALGAENZIMS^{MR} en la retención de la humedad del suelo su influencia en el desarrollo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de invernadero.

HIPÓTESIS

- El poliacrilato de potasio y ALGAENZIMS^{MR} tendrán influencia en el desarrollo del cultivo.
- El poliacrilato de potasio y ALGAENZIMS^{MR} tendrán influencia sobre la retención de humedad del suelo.
- La mezcla sinérgica del Poliacrilato de Potasio y ALGAENZIMS^{MR} tendrá efecto en la retención de humedad del suelo y en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

REVISIÓN DE LITERATURA

Manejo agronómico del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

En la actualidad el frijol, a nivel internacional, resulta ser un producto de menor significación en cuanto a volumen, su importancia trasciende como fuente de alimento y sustituto de otros nutrimentos en la sociedad, sobre todo en países donde el ingreso per cápita limita la adquisición de bienes de alto valor proteico pero de mayor valor económico. Según la FAO (2008), la producción de frijol en el mundo se concentra en 129 países de los cinco continentes. 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.

Entre los países productores de la leguminosa destacan por orden de importancia 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% (FAO, 2008).

Se recomienda que los suelos para el cultivo de frijol sean profundos, fértiles, preferiblemente de origen volcánico con no menos de 1,5% de materia orgánica en la capa arable y de textura liviana con no más de 40% de arcilla como los de textura franco, franco limosos y franco arcilloso ya que el buen drenaje y la aireación son fundamentales para un buen rendimiento de este cultivo. Se debe evitar sembrar en suelos ácidos, con contenidos altos en manganeso y aluminio y bajos en elementos menores.

El pH óptimo para frijol está comprendido entre 6,5 y 7,5 aunque es tolerante a pH entre 4,5 y 8,2 (Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola, 1991).

El fríjol requiere de suelos profundos y fértiles, con buenas propiedades físicas, de textura franco limosa, aunque también tolera texturas franco arcillosas. Crece bien en suelos con pH entre 5,5 y 6,5, de topografía plana y ondulada, con buen drenaje. Las condiciones físicas y químicas de los suelos donde se cultiva el frijol son muy variables, ello muestra que el frijol tiene la habilidad de adaptarse a una gran cantidad de condiciones de suelo y topografía (Ríos, 2002).

Las condiciones físicas y químicas de los suelos donde se cultiva el fríjol en Colombia son muy variables. Por lo general, se siembra en zonas de montaña y también en los valles interandinos. Ello muestra que el frijol tiene la habilidad de adaptarse a una gran cantidad de condiciones de suelo y topografía (Ríos, 2002).

Semillas y variedades

La semilla representa el óvulo fecundado y maduro y, en granos como el frijol, la forma de reproducción y multiplicación de la especie. Para asegurar el proceso de reproducción es necesario contar con una semilla de buena calidad, considerada como aquella que al momento de la siembra está en condiciones de germinar y producir una planta normal y vigorosa (Arias y colaboradores, 2001).

La calidad de la semilla se puede resumir en tres componentes: el componente genético, que define sus características y las de la planta en cuanto a adaptación, resistencia o susceptibilidad al ataque de agentes patógenos, y el tipo de grano (tamaño, color, forma), el componente sanitario, que se refiere a la presencia o ausencia de patógenos internos o externos, que no solo deterioran su apariencia sino que pueden transmitirse de un cultivo a otro a través de la semilla, y el componente fisiológico, que está relacionado con el tamaño, la cantidad y la calidad de los elementos que posee en su interior para nutrir la planta, y darle madurez, viabilidad y vigor (Arias y colaboradores, 2001).

Clasificación Taxonómica



Reino: Plantae

Subreino: Embriobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Phaseolus*

Especie: *vulgaris*

(Luz Eva, 2006)

Figura 1. Planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)
Tomado por (González, 2010).

Generalidades del Frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.)

México se ha reconocido como el más probable centro de su origen, al menos, como el centro primario de diversificación. El cultivo de frijol se considera uno de los más antiguos. Algunos de los hallazgos arqueológicos en México y Sudamérica indican que se conocía hace algunos 5000 años a.d.c. (Ulloa *et al.*, 2011).

Dentro del grupo de las especies leguminosas, el frijol común es una de las más importantes. Es una planta anual, herbácea intensamente cultivada desde la zona tropical hasta las templadas. Es originario de América y se le conoce con diferentes nombres: poroto, haricot, caraota, judía, aluvia, habichuela y otros (Adame, 2005).

El frijol es uno de los alimentos básicos en la dieta y es la principal fuente de proteína; es rico en lisina pero deficiente en los aminoácidos azufrados metionina, cistina y triptófano; por lo cual una dieta adecuada en aminoácidos esenciales se logra al combinar frijol con cereales (arroz, maíz, otros) (Hernández *et al.*, 1996).

Requerimientos climáticos y edáficos

Fotoperiodo

Existen cultivares indiferentes a la duración del día, pero hay otros que se comportan como plantas de día corto (Doorembos y Kassam, 1979). 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. 6 días (White, 1985).

En general, los genotipos más tardíos y de hábito de crecimiento indeterminado, son más sensibles al fotoperiodo que los de hábito determinado ó indeterminado pero de tipo mata o arbustivo (Laing *et al.*, Wallace; Purseglove; citados por Summerfield y Roberts, 1985d).

El frijol es un cultivo que no es muy exigente a las condiciones climáticas, requiere de una altitud de 0-2400 m (Crispín y Miranda, 1978; Lépiz, 1983). También se reporta 500. 1000 m (Benacchio, 1982).

Precipitación (Agua): 1000 a 1500 mm; lluvias durante la floración provocan caídas de flor (SEP, 1990). 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 (Benacchio, 1982).

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 (Doorenbos y Kassam, 1979).

Generalidades del Polímero

Los hidrogeles son materiales poliméricos super-absorbentes, son sólidos granulares caracterizados por tener estructura tridimensional entrecruzada de cadenas flexibles (Okay, 2000; Barón et al., 2005).

En contacto con agua, esta se desplaza hacia el interior de la partícula de hidrogel, dado a que la menor actividad de agua que ahí se presenta, a medida que el agua se difunde, la partícula incrementa su tamaño y las cadenas poliméricas se mueven para acomodar las moléculas de agua, simultáneamente, la presencia de puntos de entrecruzamiento evita que las cadenas en movimiento se separen y por tanto se disuelven en el agua.

Tienen la capacidad de absorber y ceder grandes cantidades de agua y otras soluciones acuosas sin disolverse. Dicho procesos ocurre a distintas velocidades de acuerdo al grado de polimerización del material (Estrada *et al.*, 2010).

Las fuerzas que contribuyen al hinchamiento de los hidrogeles son la energía libre de la mezcla y la respuesta elástica del entrecruzamiento (Gascue *et al.*, 2006).

Hidrogeles biopoliméricos potencialmente aplicables en agricultura

Por su importancia en la agricultura y la recuperación de terrenos por falta de agua, en los laboratorios de películas delgadas y nanotecnología de la Universidad Iberoamericana Ciudad de México, se dieron a la tarea de buscar un nuevo hidrogel capaz de retener agua y que además sea biodegradable. Esta propiedad de ser biodegradable es una innovación tecnológica en el desarrollo de este tipo de polímeros, ya que los hidrogeles actuales no son biodegradables y al terminar su vida útil hay que retirarlos de la tierra. El hacer que el hidrogel sea biodegradable resuelve el problema de tener que retirarlo de la tierra cuando termina su vida útil, ya que gracias a esta propiedad se reincorpora a la tierra y tiene, en ella, la función de composta. (Ackerman *et al.*, 2012).

Los biopolímeros comúnmente usados en la elaboración de películas son carbohidratos, proteínas, almidón y pectina. El uso de polímeros biodegradables para empaque ofrece una alternativa y una solución parcial al problema de acumulación de residuos sólidos provenientes de los polímeros sintéticos (Nava *et al.*, 2009).

Debido al potencial comercial que presentan, en los últimos años se ha desarrollado un importante trabajo de investigación sobre ellos, lo cual ha derivado en la obtención de polímeros hidroabsorbentes aptos para usarse en nuevas y diversas aplicaciones (Estrada *et al.*, 2010).

Estrada *et al.*, (2010) en su trabajo de estudio menciona el comportamiento de los hidrogeles absorbentes hechos con distintas concentraciones de gretina entrecruzadas con poli (ácido acrílico) de diferentes pesos moleculares. Los hidrogeles fueron modificados con nanotubos de carbono del tipo “unicapa” y “multicapa” para evaluar la capacidad de absorber y liberar agua para su posible aplicación a la agricultura.

Saadi, (2000) aplicó el biopolímero (Poliuretano biodegradable en base almidón) usado como sustrato en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Mill.). En la producción de plántulas en invernadero en un sistema de camas flotantes, la turba canadiense supera al biopolímero, en cuanto al crecimiento de las plantas. En condiciones de campo abierto el biopolímero afecto positivamente la germinación y el desarrollo de plantas superando al suelo regional.

En los sistemas de producción estudiados, (invernadero y campo abierto) el biopolímero se ve afectado negativamente con la aplicación de fertilizantes.

Por lo que se recomienda continuar con el estudio de este material en interacción con los fertilizantes. El biopolímero presentó más problemas fitosanitarios que la turba o el suelo regional. Se recomienda la adición de un producto fungicida en su composición química, para obtener un sistema de biodegradación controlada. El color del biopolímero afectó la germinación ya que no conserva el calor. Igualmente la capacidad de retención de agua debe mejorarse si se busca utilizarlo en un sistema diferente al de cama flotante (Saadi, 2000).

Aplicaciones de los polímeros en plásticos para la Agricultura

Los plásticos han permitido convertir tierras aparentemente improductivas en modernas explotaciones agrícolas. Un ejemplo de ello es la provincia de Almería, que de una agricultura de subsistencia ha pasado a contar con gran concentración de invernaderos que la hacen modelo del desarrollo agrícola en muchas partes del mundo. En Almería se encuentra la mayor concentración de invernaderos del mundo, unas 30,000 ha cubiertas por plástico y que han permitido la producción de hortalizas en territorios prácticamente desérticos; así el valor de la producción de hortalizas en territorios prácticamente desérticos; así el valor de la producción hortofrutícola en Almería ha pasado de 9.500 millones de pesetas en 1975 a los casi 189.000 millones de pesetas en 1997 (más de 1,2 billones americanos de dólares) (Fuente: CEPLA, 200).

La importancia del material de cobertura en un cultivo bajo invernadero estriba en que constituye el agente modificador del clima natural de la zona en donde se vaya a construir el invernadero. La elección del material de cobertura dependerá de una serie de criterios o indicadores, que interaccionando entre si, ayudarán al agricultor en la elección del material apropiado (Fuente: MATAALLANA; MONTERO, 1995).

Materiales usados para cubierta:

1. Vidrio
2. Plásticos rígidos
3. Polimetacrilato de metilo (PMM)
4. Policarbonato (PC)
5. Poliéster con fibra de vidrio
6. Policloruro de vinilo (PVC)
7. Plásticos flexibles
8. Polietileno (PE)
9. Copolímero etil-acetato de vinilo (EVA)

Fuente: CEPLA, 2000.

Efecto del Poliacrilato de Potasio en los Cultivos Agrícolas

En la aplicación agrícola usualmente se emplean hidrogeles con alta proporción de acrilamida con el fin de evitar la reducción de capacidad de hinchamiento que se observa en hidrogeles de alto contenido de acrilato de (características iónicas) cuando se encuentran los cationes multivalentes que normalmente están en el suelo o en el agua de irrigación (Buchholz y Graham, 1998; Omidian, 1998).

Los suelos que reciben poca lluvia o irrigación o son demasiado porosos para retener la humedad en la zona de las raíces, se benefician notablemente con el uso de hidrogeles. Adicionalmente, en suelos arcillosos los hidrogeles ayudan a mejorar el contenido de aire del suelo dado el proceso de expansión que se genera por los ciclos de absorción-liberación del material (Buchholz y Graham, 1998; Kazanskii y Dubrovskii, (1992).

Se establece la opción de los hidrogeles como alternativa válida para la conservación de recursos hídricos y de suelo, se disminuye el consumo de agua, los suelos mejoran sus propiedades de liberación y retención y se logra mayor producción y resistencia de las especies en condiciones hostiles (Barón, Barrera, Boada, Rodríguez, 2007).

Una aplicación que está cobrando interés en la actualidad es el empleo de estos polímeros en el campo de la agricultura, para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo, favoreciendo por otro lado, también se consigue disminuir la evaporación de la misma (Gascue *et al*, .2006).

Los polímeros superabsorbentes han mostrado resultados positivos en germinación, producción y supervivencia de repollos y maíz) donde se han alcanzado incrementos en la producción hasta del 10% con el empleo de la misma cantidad de agua (Buchholz y Graham, 1998).

En palma se han encontrado resultados muy positivos también en condiciones de escasez de agua (Buchholz y Graham, 1998).

Se evaluó el efecto de un polímero sintético en mezclas de sustrato alternativo con cuatro niveles de riego para la producción de *Pinus greggii* engelm en vivero. La adición de hidrogel en el sustrato podría tener posibilidades para producir especies forestales utilizando un sistema de producción tecnificado (Maldonado, 2010).

El efecto de un polímero comercial en el mantenimiento de la calidad de guayaba al realizar un análisis de varianza para la variable de color, se encontró una diferencia significativa entre los frutos con aplicación del polímero con los otros que no se les aplicó.

(Martínez, 2003). Esto concuerda con J.P. Leiris que explica que la aplicación del recubrimiento o películas a la fruta afecta sus propiedades especialmente la de sabor y color.

En firmeza y peso no existe diferencia significativa en comparación con el testigo que era el que no tenía polímero, sin embargo los valores mostrados en las gráficas para este parámetro demuestran que los tratamientos 6 y 8 requieren de una mayor fuerza de penetración para ser deformados, la pérdida de firmeza se atribuye a la pérdida de agua en las células del fruto,

disminuye la turgencia y la presión osmótica de la misma, según Potter (1978), además esto concuerda con lo que menciona Hernández Heriberto (2003), que la disminución de firmeza y peso se debe a la pérdida de agua. El color de la guayaba varió en las diferentes evaluaciones, pero se concluye que la concentración 31.25% de polímero de agrofilm – T 6 permitió mantener el color premaduro del fruto (verde – amarillo). La firmeza de la guayaba con respecto al control se mejoró notablemente y se mantuvo durante los 40 días del experimento a la concentración de 31.25 d el polímero agrofilm AP (Tratamiento 6) (Martínez, 2003).

Caracterización de las propiedades visco elásticas de hidrogeles de poliacrilamida

Poliacrilamida (PAM) en solución acuosa puede reaccionar con el cromo originalmente en +3 su estado de valencia para formar un hidrogel. La capacidad de control de la velocidad de gelificación mediante la adición los agentes orgánicos complejos, tales como propionato, acetato, malonato hace que el gel sistema de gran interés para la aplicación especialmente en la industria de producción de petróleo, especialmente para la modificación del depósito del perfil.

De lo contrario, este sistema de gel proporciona ventajas variables de gel, a partir de geles de débil a fuerte geles, para satisfacer la necesidad de las condiciones de los diferentes estratos. A continuación, se presta especial atención a la resistencia mecánica en respuesta a las propiedades viscoelásticas que se pueden determinar por medio de la medición de cizallamiento oscilatorio. Según la teoría reológico , el módulo de almacenamiento (G') y el módulo de pérdida (G'') varían con excitación: Frecuencia (ω) Para solución de polímero lineal, la doble trama logarítmica de G' y G'' es caracterizada por pendientes de baja frecuencia de 2 y 1, respectivamente, mientras que para geles, G' y G'' son independientes de ω .

Además, la magnitud de los parámetros viscoelásticos está estrechamente relacionada con la característica de red de gel.

Basándose su trabajo anterior sobre diagramas de fase sol / gel y la cinética gelificación (5,6), informe que aquí estudios sobre los comportamientos viscoelásticos de poliacrilamida / Cr (III) hidrogeles con la ayuda de reómetro de cizallamiento oscilante, que puede conducir a una buena comprensión de la fuerza y la estructura de los hidrogeles (Han *et al.*, 1996).

El efecto de acondicionamiento del sustrato con hidrogeles de acrilamida en suelo

Al mezclar el hidrogel con el suelo se logra, por un lado, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por infiltración, y por otro lado, también se consigue disminuir la evaporación de la misma. Estos factores son suficientes para mejorar la actividad biológica y aumentar la producción del suelo. Además, la utilización de polímeros también produce una mejor estructura del suelo y de la aireación del mismo. Así el uso de este tipo de polímeros permitirá, por ejemplo, la recuperación de las zonas semiáridas o terrenos de cultivos abandonados y poco fértiles cuando se emplea de forma extensiva (Gasque *et al.*, 2006).

El estudio de materiales con propiedades especiales que permitan el aprovechamiento de estos suelos, ha encontrado en los hidrogeles una posible solución, siendo utilizados en terrenos desérticos para mantener la humedad, y en regiones montañosas, en las que la lluvia arrastra las sustancias necesarias para el desarrollo de cultivos, para la liberación controlada de sales orgánicas y abonos nitrogenados (Gasque *et al.*, 2006)

Capacidad de Retención

Estrada *et al.*, (2010) menciona en su estudio de hidrogeles biopoliméricos potencialmente aplicables en la Agricultura que las pruebas de retención de agua mostraron que los hidrogeles son capaces de absorber el equivalente al 100% de su peso de agua. Cuando los hidrogeles se modifican con nanotubos de carbono presentan mayor capacidad de absorción de agua comparados con los hidrogeles a los que se les incorporo nanotubos de carbono, en este caso la absorción de agua fue el equivalente de hasta un 300% de su peso seco. Las pruebas de liberación de agua mostraron que los hidrogeles sin nanotubos de carbono pierden agua de manera proporcional al tiempo de secado, en cambio los hidrogeles modificados con nanotubos de carbono pierden agua de tiempo de secado, en cambio, los hidrogeles modificados con nanotubos de carbono pierden agua de acuerdo a una función cuadrática del tiempo de secado.

Los resultados encontrados en las pruebas de absorción-liberación de agua mostraron mayor absorción de agua en los hidrogeles con nanotubos porque la formación de cavidades porosas permite mayor almacenamiento de ella (Estrada *et al.*, 2010).

Para las pruebas de liberación de agua el peso de ciertas muestras no varía de una hora a otra de secado, pero a partir de la tercera hora de secado la liberación fue mucho más lenta, esto es debido a que cierta cantidad de agua queda atrapada dentro de la estructura molecular del hidrogel formada por los poros profundos y no se libera hasta que el hidrogel se comprime mecánicamente debido al enfriamiento lo cual obliga a las moléculas de agua al salir (Estrada *et al.*, 2010).

En general, los resultados indican que el modificar los hidrogeles con nanotubos aumentan la eficiencia en la absorción de agua, además la liberación de agua no es constante, se hace de manera gradual conforme al paso del tiempo de exposición al calor, por lo tanto, esta manera de liberar agua de los hidrogeles los hace ideales en la agricultura ya que el agua se puede aprovechar mas eficientemente al irse liberando poco a poco (Estrada *et al.*, 2010)

Generalidades del ALGAENZIMS^{MR}

Es un vigorizante de las plantas 100% orgánico, mejorador de suelos y potenciador de los insumos agrícolas, para ser utilizado en todo tipo de cultivos. Un complejo de microorganismos marinos de vida libre en estado viable (vivos).

Elementos y compuestos como:

a) Sustancias naturales cuyos efectos son similares a los reguladores de crecimiento de las plantas (fitohormonas: auxinas, citocinas, giberelinas, etanol, entre otros).

b) Aminoácidos, proteínas, oligosacáridos, carbohidratos, agentes quelatantes, vitaminas, enzimas marinas.

c) Sustancias biocidas que coadyuvan en el control de algunas plagas y de microorganismos patógenos:

a) Fijadores de Nitrógeno del aire;

b) Halófilos;

c) Mohos y Levaduras;

d) Grupo Aeróbico Mesófilico

e) Microalgas Cianofitas.

Como actúa Algaenzims

Los microorganismos marinos que contiene ALGAENZIMS^{MR}, se propagan donde se aplican, renovando y potenciando continuamente varias acciones, para resolver problemas en un amplio espectro.

Las enzimas marinas (que sintetizan los microorganismos marinos) que ALGAENZIMS^{MR} contiene, ejercen acciones y efectos extras que van más allá de los efectos que las enzimas continentales (las que sintetizamos los seres continentales), son capaces de ejercer y, refuerzan la acción de las que si ejercen. Entre sus principales acciones y efectos extras van, desde: mejorar la textura, estructura, desaliniza y descompacta el suelo, fija el nitrógeno del aire aún en las no leguminosas, vigorizar las plantas.

La acción de ALGAENZIMS es amigable con el medio ambiente, es biológica, dinámica y perdurable; en tanto que, la acción de los fertilizantes y agroquímicos, es estática y finita, se limita a resolver, cada uno, un problema específico y, degradan el suelo y el medio ambiente.

ALGAENZIMS va con la agricultura orgánica y sustentable y optimiza la agricultura convencional.

Efecto plantas

- Plantas más vigorosas y sanas.
 - Más biomasa, más raíces.
 - Fija el Nitrógeno del aire aun en las no leguminosas.
 - Refuerza los sistemas enzimáticos, alimentarios e inmunitarios.
- Optimiza el efecto de los fertilizantes y agroquímicos.
- Más resistentes a plagas y enfermedades y estreses.
 - Alimentos más sanos.
 - Más vida de anaquel.

Efectos suelos

- Lleva a cualquier suelo o textura franca.
- Mejora la estructura de suelo. (Mas porosidad, mejor retención de humedad, mejor penetración de raíces, más aeración).
- Desaliniza y desodifica los suelos.
- Ahorro de agua, fertilizantes y agroquímicos.
- Favorece la propagación de microorganismos benéficos indígenas del suelo.
- Desintoxicación de suelos (agroquímicos, metales pesados)
- Decrementos los carbonatos.
- Ajusta el pH
- Incrementa la disponibilidad de nutrimentos.

Cuadro 1. Etapas y dosis de aplicación para hortalizas.

Tipos de suelos con:	Dosis L.ha ⁻¹	Número de Aplicaciones	Etapas de Aplicación
Salinidad Baja. Conductividades eléctricas de: < 2 a 4 (mmhos/cm. o dsm ⁻¹)	2	1	Al 1 ^{er} o 2 ^{do} riego después de la siembra o trasplante.
Salinidad Alta. Conductividades eléctricas de: > 4 a 16 (mmhos/cm. o dsm ⁻¹)	4-6	1-2	Al 1 ^{er} o 2 ^{do} riego después del la siembra o trasplante. De necesitarse, 30 días después de la 1era aplicación.

Si usted necesita	Dosis L.ha ⁻¹	Número de Aplicaciones	Etapas de Aplicación
Propagar microorganismos inoculados al suelo.	0.5-1.0	1	En el momento de la aplicación del inoculante.

Cuadro 2. Dosis de aplicación Foliar.

Dosis L.ha ⁻¹	Opciones de Dosificación	Etapas de aplicación
0.250 a 1.00	<ul style="list-style-type: none"> ■ 250ml cada semana. ■ 500ml cada 5 días. ■ 100ml cada 20-30 días. 	Al inicio de la floración hasta terminar de cosechar.

Cuadro 3. Etapas y dosis de aplicación para gramíneas.

Cultivos		Dosis y etapas de aplicación foliar.	Dosis y etapas de aplicación al suelo.
Maíz para: Grano, forrajero, pozolero y para producción de semilla.		1 L.ha ⁻¹ foliar, a partir de 4-6 hojas hasta la última entrada del tractor.	1-2 L.ha ⁻¹ A la siembra o en el 1 ^{er} riego.
Trigo, cebada, avena y triticali.		1L.ha ⁻¹ en el macollamiento. 1/2 L.ha ⁻¹ en la floración (embuche).	
Algodón, frijol, haba, chicharo, cártamo, soya, ejote, y garbanzo.		1L.ha ⁻¹ foliar al aparecer los primeros botones florales.	
Cultivos forrajeros	<u>Forrajes</u> Maíz, sorgo, otras gramíneas.	1 L.ha ⁻¹ foliar, a partir de 4-6 hojas y ½ L.ha ⁻¹ la última entrada del tractor.	
	<u>Pastos</u> Alfalfa, tréboles, y otros pastos.	0.5 L.ha ⁻¹ después de cada corte o pastoreo, al haber suficiente área foliar.	Además en perenes 1L.ha ⁻¹ cada 4 meses. procurar que uno sea al principio del invierno.

Cultivo	Etapas de aplicación	Dosis L.ha-1 foliar.	Dosis L.ha-1 suelo
Caña de azúcar	<u>Siembra nueva.</u> Aplicación a la plantilla, antes de tapar.		2
	Aplicación a pelillo altura de planta de 50 a 60 cm	1	
	<u>Socas y resocas.</u> Arranque pelillo de 20-30 cm		2
	<u>Socas y resocas.</u> Desarrollo pelillo de 50- 60 cm	1	

METODO PARA PREPARAR Y APLICAR EL PRODUCTO

ALGAENZIMS^{MR} agitar bien antes de abrir el envase.

Para una excelente y óptima aplicación, dosificarlo homogéneamente en el agua de riego al suelo, ya sea en sistemas de riegos presurizados, (aspersión, cintilla.) o rodado, dosificado en la acequia. Se puede aplicar al pie de planta (drench) antes del riego (Palau Bioquím, 2009).

Aplicación del Algaenzims en la Agricultura

Barreto (1999), menciona en su investigación en melón híbrido la Comparación de la respuesta del cultivo para la variable con la reportada para diámetro de tallo tenemos que el melón si respondió a la aplicación de Algaenzims en ambos híbridos y además se observó que los mayores valores para número de guías por planta 4.74 y 5.04 se presentaron con la aplicación combinada foliar y al suelo del producto en Colima y Santa Fe respectivamente. Luego de analizar los resultados encontrados se concluye que con la aplicación de algas se presentó una respuesta positiva a todas las variables evaluadas.

De igual manera se puede destacar que con la aplicación de algas se incremento el número de frutos/m² en todos los tratamientos con la aplicación del producto (Barreto, 1999).

Álvarez (2000), menciona en su investigación en tomate con algas marinas confirmó lo que Perdesen (1973) y con Bentley (1968) quienes mencionan que los extractos de algas, aumentaron el rendimiento aquellas plantas que fueron tratadas con este producto como también se observó que hay una mayor división celular, esto se fundamenta en que se han destacado funciones semejantes a las citoquininas. Así mismo González (1993) encontró que el rendimiento en el cultivo de cartamo incrementa notablemente al asperjar extractos de algas a este cultivo.

Marín (2000), menciona que para el cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis* L.) las variables evaluadas tuvieron diferencia significativa en los tratamientos con algaenzimas y micorrizas.

La aplicación de algaenzimas y la combinación de algaenzimas más micorrizas incrementaron el desarrollo vegetativo dando mayor área foliar y número de hojas. El área foliar aumentó en un 20% en el tratamiento con algaenzimas (Marin, 2000).

Bazaldua (2000), también menciona que la aplicación de algaenzimas y extracto ruminal en el Cultivo de Chile Morrón (*Capsicum annum* L.) bajo régimen orgánico. La aplicación de Algaenzimas aplicadas al suelo, tienen efecto sobre el rendimiento y la calidad de los frutos de chile morrón. El extracto ruminal tuvo efecto positivo sobre el desarrollo vegetativo de las plantas. Aplicando el extracto ruminal más las algaenzimas foliares se observó que presentan un sinergismo en cuanto a rendimiento se refiere representado por un mayor número de frutos.

El rendimiento obtenido en este experimento para el cultivo de chile morrón bajo régimen orgánico (18.98 ton/ha) no fue muy diferente a el obtenido bajo régimen convencional que en promedio es para esta variedad de 20 ton/ha.

Ahumada (2002), evaluó la producción de pepino que al aplicar algaenzimas al suelo y foliar tiene efecto favorable en el crecimiento del cultivo del Pepino. Para rendimiento el mejor tratamiento fue el 1, donde la mejor dosis fue la de algaenzimas al 1% aplicada al suelo + la formula NPK 200-200-100. La aplicación de algaenzimas al 1% foliar + la formula NPK 200-200-100 tienen efecto negativo en el número de hojas por planta. El tratamiento testigo fue uno de los tratamientos de bajo comportamiento en las variables evaluadas como rendimiento y número de hojas. Dosis bajas de algaenzimas al 1% aplicadas al suelo + la formula NPK 200-200-100 tienen efecto positivo en el incremento de raíces.

Importancia de la fotosíntesis en las plantas

Las plantas, algas y cianofíceas (bacterias verde-azules), sintetizan materia orgánica a partir de moléculas inorgánicas: son autótrofos. La fotosíntesis requiere de energía lumínica y H₂O para sintetizar ATP y NADPH.H, moléculas usadas posteriormente para producir glúcidos a partir de CO₂, con liberación simultánea de O₂ a la atmósfera. Los organismos heterótrofos, animales, bacterias y hongos, dependen de estas conversiones de materia y energía para su subsistencia.

La fotosíntesis en eucariotas tiene lugar en los cloroplastos

- En las hojas y en los tallos verdes de las plantas se encuentra el parénquima clorofiliano, tejido que presenta en sus células cloroplastos en número variable.
- Los cloroplastos están rodeados por dos membranas que delimitan por un lado el espacio intermembrana y por otro el estroma. En el interior se encuentran vesículas llamadas tilacoides, que apiladas forman agrupamientos denominados granas, relacionadas entre sí por las láminas intergrana.
- En el estroma hay moléculas de ADN y ribosomas, de manera que los cloroplastos pueden sintetizar proteínas requeridas para algunas de sus funciones: son organelos semiautónomos.
- En las cianobacterias, que no tienen compartimentos membranosos como núcleo, mitocondrias y plastos, la fotosíntesis tiene una etapa asociada a la membrana celular, la fase luminosa, y otra al citoplasma, la fijación de CO₂.

El intercambio de gases se realiza a través de los estomas

- En la epidermis de las hojas se encuentran estomas, orificios limitados por células oclusivas que pueden aumentar o disminuir su tamaño y definir así la magnitud del intercambio de gases: oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua.

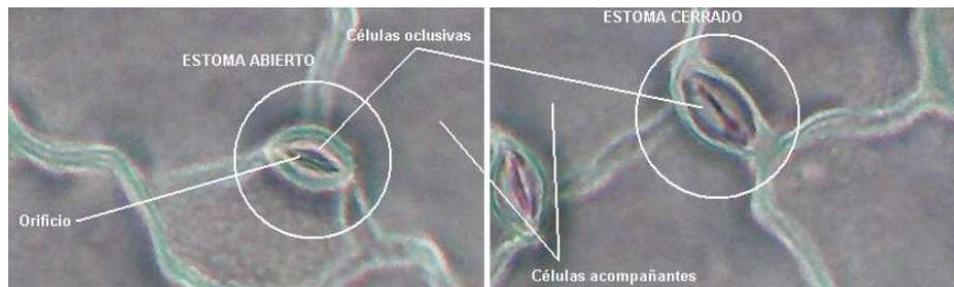
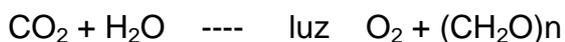


Figura 2. Estomas de hojas de Lotus (130 X). Se indican las células oclusivas y el orificio o estoma. Izquierda estoma abierto, derecha estomas cerrados.

En la fotosíntesis se distinguen dos fases, la luminosa y la de fijación de CO_2 . Como cualquier proceso bioquímico la fotosíntesis se puede representar por una ecuación global, que en este caso resume una reacción de óxido-reducción en la que el H_2O cede electrones (en forma de hidrógeno) para la reducción del CO_2 a glúcidos $(\text{CH}_2\text{O})_n$, con liberación de O_2 .



Fase luminosa

En esta etapa, también llamada fotodependiente, porque se da sólo en presencia de luz, ocurren dos procesos bioquímicos necesarios para la síntesis de glucosa: la reducción de NADP a NADPH.H con los hidrógenos de la molécula de agua y la síntesis de ATP.

- En la fase luminosa los pigmentos como las clorofilas a y b, carotenos, xantofilas, ficoeritrinas y ficocianinas, que se encuentran asociados a la membrana tilacoidal, captan fotones y se excitan.

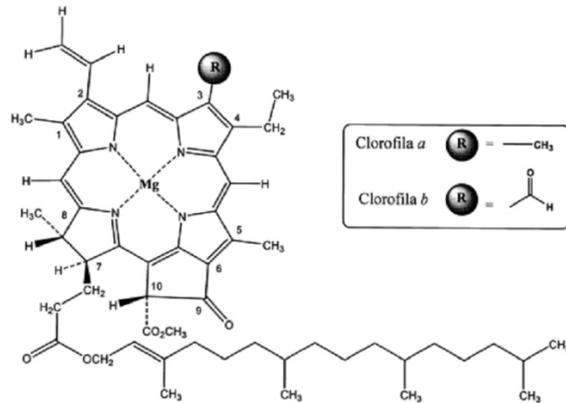


Figura 3. Modelo de una molécula de clorofila. La región inferior de la molécula corresponde a una cadena hidrofóbica.

En la parte superior se observa el anillo con dobles enlaces, y asociado a un Mg. Modificado de efn.uncor.edu

- Los fotones, o cuantos de luz, son cantidades discretas de energía que se propagan como ondas. La luz visible corresponde a la región del espectro electromagnético comprendida entre 400 y 700 nm, región en la que absorben los pigmentos presentes en las plantas y cianobacterias.
- Según su longitud de onda (λ), los fotones tienen diferente cantidad de energía, de manera que cuanto menor es λ , mayor es la energía, que decrece desde la región violeta a la roja.

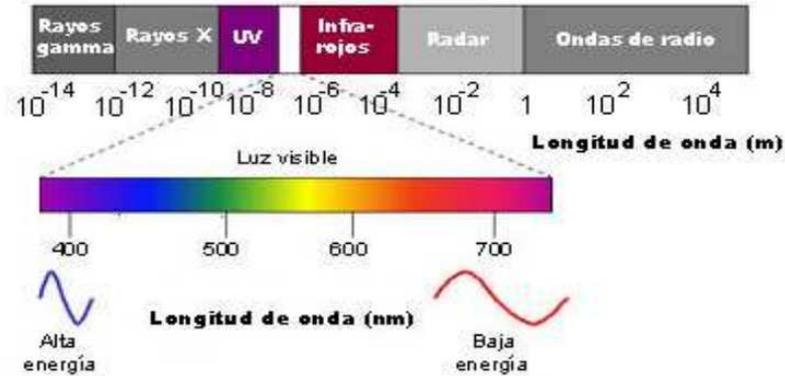


Figura 4. Espectro electromagnético. Se representan las regiones del espectro y sus longitudes de onda.

La longitud de onda está relacionada inversamente con la energía. Modificado de a-diba.net .

(Monza *et al.*, 2010)

Importancia de la clorofila y su medición

La clorofila es la molécula principal de los pigmentos fotosintéticos ya que en última instancia ella es la responsable de la transferencia de la energía luminosa a un electrón de la molécula que alcanza un estado tal de excitación que le permite abandonarla y reducir otros sistemas oxidantes para reducir al CO_2 atmosférico. La iluminación de clorofila con luz (0.400 a 0.700 μm), da lugar a la excitación de la molécula, y determina el paso de un electrón de su última capa electrónica ocupada (estado normal o fundamental), a otra capa electrónica de un nivel energético mayor. Dependiendo de la longitud de onda de la luz incidente, se alcanzan distintos niveles. El nivel 3 es el más estable, lo suficiente como para dar tiempo a la interacción de la molécula de clorofila excitada con otras moléculas.

Las clorofilas presentan dos picos de absorción: uno para el azul (420 a 450 nm) y otro para la roja (625 a 690 nm).

La cantidad de radiación solar absorbida por una hoja es en gran medida una función de las concentraciones foliares de pigmentos fotosintéticos, y por lo tanto, concentraciones bajas de clorofila pueden directamente limitar el potencial fotosintético y por lo tanto la producción primaria (Curran *et al.*, 1990; Filella *et al.* 1995).

Altos contenidos de clorofila son importantes para las plantas por su efecto en la actividad fotosintética (Larcher, 1995 y Gummuluru *et al.*, 1989). La reducción en el contenido en clorofilas puede ser considerada como una respuesta de las plantas al estrés (Tenga *et al.* 1989), El estrés hídrico modifica el proceso fotosintético disminuyendo la capacidad fotosintética global, lo que provoca reducciones en la supervivencia (Kramer y Boyer, 1995). Bajos niveles de clorofila reducen la fijación de CO₂, por lo que es importante conocer el contenido de clorofila de las plantas (González, 2009).

La mayor parte de nitrógeno de la hoja se incorpora a la molécula de clorofila, por lo que el contenido de esta, es una medida indirecta del estado nutricional de la planta (Filella *et al.*, 1995; Moran *et al.*, 2000).

El contenido de clorofila de la hoja es uno de los parámetros más importantes relacionados con el estado fisiológico de las plantas. El contenido de clorofila tiene varias implicaciones, ya que puede ser utilizado como un índice del estado de los nutrientes (Berg y Perkins, 2004; Chang y Robinson, 2003), y la fisiología del estrés, ya que altos contenidos de

carotenoides y clorofila, disminuyen el estrés durante la senescencia (Daas *et al.*, 2008; Neufeld *et al.* 2006; Peguero-Pina *et al.* 2008).

La compañía Minolta (1989) desarrollo un dispositivo manual (SPAD-502; Soil Plant Analysis Development) para estimar el contenido de clorofila de las hojas de las plantas. Su funcionamiento se basa en la emisión de radiación a una longitud de onda de 650 y 940 nm. El contenido de clorofila afecta la transmitancia de la radiación de 650 nm, que es un indicador de la cantidad de clorofila presente en el tejido de la hoja. La longitud de onda de 940 nm se utiliza para corregir la lectura, ya que únicamente se afecta por el espesor de la hoja, pero no por el contenido de clorofila.

Estudios previos han demostrado que el medidor portátil de clorofila SPAD-502, permite realizar mediciones rápidas y precisas, sin dañar las hojas, las mediciones están altamente correlacionadas con el contenido de nitrógeno de las hojas (Peterson *et al.*, 1993; Piekielek *et al.*, 1997). La relación entre el contenido de clorofila y de nitrógeno es función de tipo de cultivo y su etapa de crecimiento (Takebe y Yoneyama, 1989; Turner y Jund, 1994).

El principio de medición para el medidor de clorofila es la transmitancia, basado en 650 nm (rojo) y 940 nm (infrarrojo) de longitud de onda, mediante la siguiente ecuación:

$$SPAD = K \log_{10} \left[\frac{IR_t/IR_0}{R_t/R_0} \right] \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

SPAD= valor del nivel de clorofila

K = es el coeficiente de extinción del medio (clorofila de la hoja) a la radiación aplicada (650 nm)

IR_t = intensidad de la radiación que transmite la hoja a 940 nm.

IR_o = intensidad de la luz emitida por el sensor a 940 nm.

R_r = intensidad de la radiación que transmite la hoja a 650 nm.

R_o = intensidad de la luz emitida por el sensor a 650 nm.

Los valores SPAD se basan en el principio de que parte de la luz que llega a la hoja es absorbida por la clorofila y el resto que se refleja entra en contacto con la celda detectora del SPAD-502 y es convertida en una señal eléctrica. La cantidad de luz captada por la celda es inversamente proporcional a la cantidad de luz utilizada por la clorofila, la señal es procesada, y la absorbancia es cuantificada en valores dimensionales que van de 0 a 199, por lo que las unidades SPAD serán siempre las mismas de acuerdo con el tono verde de las hojas (Krugh *et al.* 1994).

El contenido de clorofila y la absorción de nitrógeno se han correlacionado con las unidades SPAD en diversas condiciones ambientales como la intensidad luminosa, temperatura, humedad relativa, plagas, densidad de población, fuente de nitrógeno, etc. (Hiderman *et al.*, 1992; Piekielek y Fox, 1992).70: 215-219.

Suelos agrícolas de México

Desde el punto de vista agrícola, el suelo es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra y que es explotada por las raíces de las plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrimentos y agua. A partir de su origen y de los factores ambientales, la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (SSSA, por sus siglas en inglés), lo define como la capa superficial de material mineral y orgánico no consolidado que sirve de medio natural para el crecimiento de las plantas, y que ha sido sujeto y presenta los efectos de los factores que le dieron origen (clima, topografía, biota, material parental y tiempo) y que debido a la interacción de éstos, difiere en sus propiedades físicas, químicas, biológicas y morfológicas del sustrato rocoso del que se originó. Por ello, el suelo ya no es roca ni sedimento geológico, sino un producto proveniente de las alteraciones e interacciones que experimentan estos materiales (Sumner, 2000).

México es un país con una compleja topografía producto, en buena parte, de una intensa actividad volcánica ocurrida durante el Cenozoico; tiene un gradiente altitudinal que va de los cero a los 5 000 metros sobre el nivel del mar, presenta cuatro de los cinco grandes tipos de climas reconocidos por la clasificación de Köppen¹; una enorme diversidad paisajística y de tipos de rocas (ígneas, sedimentarias y metamórficas). Todos estos elementos ayudan a explicar la gran diversidad de suelos que existen en el país, la cual también forma parte de la megadiversidad.

De acuerdo con el INEGI (2007), en México existen 26 de los 30 grupos de suelo reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (FAO-ISRIC-ISSS, 1998); siendo los dominantes los Leptosoles (28.3% del territorio), Regosoles (13.7%), Phaeozems (11.7%), Calcisoles (10.4%), Luvisoles (9%) y Vertisoles (8.6%), que en suma cubren 81.7% del país. (SEMARNAT, 2009).

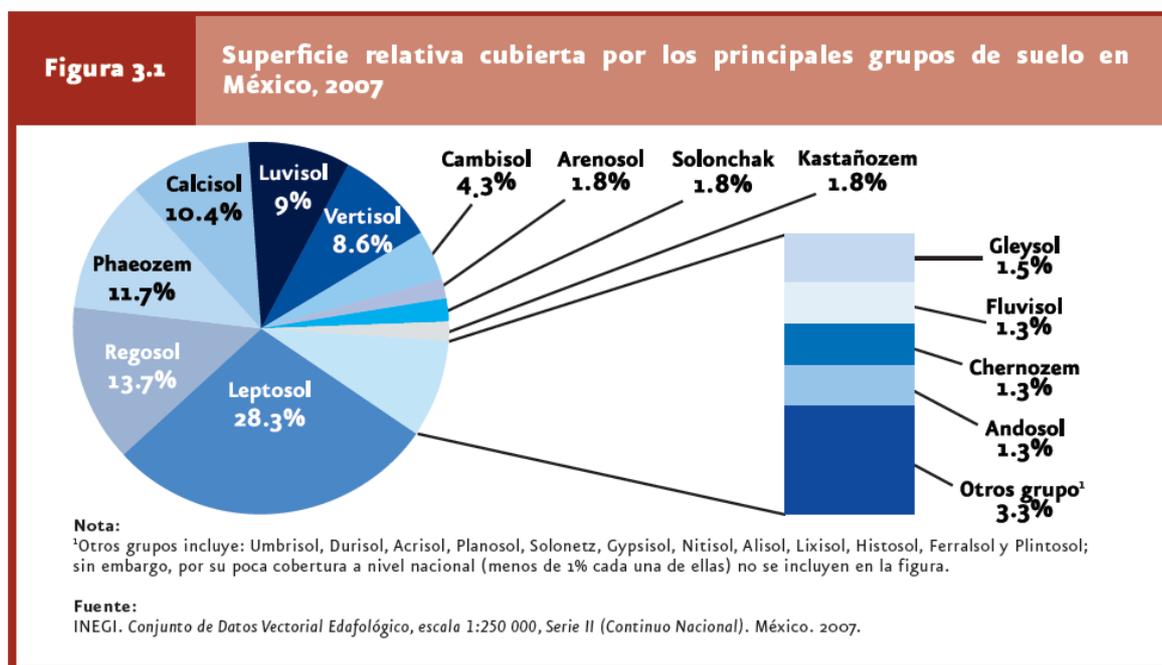


Figura 5. Superficie relativa cubierta por los principales grupos de suelo en México.

La degradación del suelo se refiere a los procesos inducidos por las actividades humanas que provocan la disminución de su productividad biológica o de su biodiversidad, así como de la capacidad actual y/o futura para sostener la vida humana (Oldeman, 1998).

En México existen 26 de los 30 grupos de suelo reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (FAO - I S R I C - I S S S , 1998).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área experimental

La evaluación del presente trabajo se llevo a cabo en un invernadero del área experimental del laboratorio Palau Bioquim S.A. DE C.V, se encuentra ubicada entre las calles Lic. Benito Juárez y Centenario Col. Centro, Saltillo, Coahuila, México, con la ubicación geográfica: $25^{\circ} 15' 06.30''$ N, $100^{\circ} 59' 35.50''$ O con una altura de 1607 msnm.



Figura 6. Ubicación geográfica del área experimental, Saltillo, Coahuila.

Características climáticas

El clima en el municipio es de subtipos secos semicálidos; al suroeste subtipos semisecos templados y grupos de climas secos B y semifríos, en la parte sureste y noreste; la temperatura media anual es de 14 a 18°C.

Tipos de suelos

Se pueden distinguir cinco tipos de suelo en el municipio: Xerosol, Feozem, Rendzina y Litosoles.

Características climáticas del Invernadero

El experimento se realizó en un invernadero cuyas características no cuenta con regulación de temperatura, el cual presentó temperaturas de hasta 50° C en el interior y una temperatura ambiente promedio de 28° C.

PROCEDIMIENTO

Extracción de suelos (suelo arenoso y suelo arcilloso) para preparar las macetas

Para el presente trabajo se utilizaron los siguientes tipos de suelos

Suelo arenoso: Bajío de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

% ARENA: 17.80

% ARCILLA: 28.92

% LIMO: 53.28

CLASIFICACIÓN: FRANCO ARCILLO LIMOSO

Suelo arcilloso: Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA).

% ARENA: 11.80

% ARCILLA: 30.92

% LIMO: 57.28

CLASIFICACIÓN: FRANCO ARCILLO LIMOSO

Preparación del sustrato

Para la preparación del sustrato se utilizaron de recipientes de plástico con capacidad de 1 y ½ litro, se perforaron en la parte inferior a los botes de ½ litros y se colocó uno sobre otro a los recipientes.

Con el fin de facilitar el movimiento del agua, a los botes de 1 litro se le hicieron perforaciones para permitir la entrada de aire y evitar presión.

Los suelos utilizados en el experimento tanto en el suelo arenoso y suelo arcilloso se cribaron a través de un tamiz de 2 mm, y se peso una cantidad considerable para elaborar las macetas.

Preparación de macetas

Cada una de las muestras previamente pesadas y etiquetadas respectivamente para cada tratamiento con sus 3 repeticiones, se procedió a ponerlo a capacidad de campo (CC). Ya establecido el experimento que consta de 16 tratamientos se esperó 15 días para trasplantar las plántulas de frijol.

Trasplante

- Material Genético: Se utilizó un frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con 30 días de emergencia.
- A los 15 días de haber establecido el experimento con las macetas se procedió a trasplantar las plántulas de frijol.

Riegos

El primer riego se realizó al establecer el experimento poniéndolo a capacidad de campo, y una vez trasplantadas las plántulas de frijol se programó un riego diario en las mañanas y por las tardes debido a las condiciones del invernadero que no era de temperatura controlada y por las condiciones internas la temperatura alcanzaba hasta los 50°C y era un factor que influía en las plántulas presentando estrés hídrico.

Preparación de las concentraciones de Algaenzims y el Poliacrilato de Potasio

❖ Productos Agrícolas

🌈 Poliacrilato de Potasio: Se peso 0.53 gr.

🌈 Potenciador Orgánico ALGAENZIMS^{MR}: usando 500 ml de agua y 20 ml del producto y se vaciaron en un atomizador de plástico.

Aplicación de Tratamientos

La aplicación del algaenzims fue de 2 aspersiones en cada uno de los tratamientos T2, T5, T8, T11, T13, T14, T15, T16. Para los tratamientos T1, T4, T6, T10, T13, T14, T15, T16 se aplicó 0.53gr del polímero, haciendo un surco en la superficie del suelo de aproximadamente 1cm de ancho donde se depositó los 0.53gr del polímero y se procedió a tapan el surco.

Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron 16 macetas, usando los siguientes productos: Poliacrilato de Potasio, ALGAENZIMS^{MR} en 4 tipos de sustratos:

suelo arenoso, suelo arcilloso, vermiculita y peat moss usando el Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

T1P= Polímero 0.53 gr del poliacrilato de potasio y suelo arenoso.

T2AE= Algaenzims al 20% en suelo arenoso.

T3t= Testigo: Suelo Arenoso.

T4P= Polímero 0.53 gr del poliacrilato de potasio en suelo arcilloso.

T5AE= Algaenzims al 20% en suelo arcilloso.

T6t= Testigo: Suelo arcilloso.

T7P= Polímero 0.53 gr del poliacrilato de potasio en vermiculita.

T8AE= Algaenzims al 20% en vermiculita.

T9t= Testigo: Vermiculita.

T10P= Polímero 0.53 gr del poliacrilato de potasio en peat moss.

T11AE= Algaenzims al 20% en peat moss.

T12t= Testigo: Peat Moss.

T13P+AE= Polímero 0.53g + Algaenzims al 20% en suelo arenoso.

T14P+AE= Polímero 0.53g + Algaenzims al 20% en suelo Arcilloso.

T15P+AE= Polímero 0.53g+ Algaenzims al 20% en vermiculita.

T16P+AE= Polímero 0.53g+ Algaenzims al 20% Peat Moss.

Corte de Plántulas

A los 47 (29/08/12) días de establecer el experimento se procedió a retirar las plantas de frijol para tomar los datos del peso fresco. Se cortó en dos partes para tomar muestras de raíz y tallo.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental utilizado en ésta evaluación fue de bloques completamente al azar con 16 tratamientos (T1P, T2AE, T3t, T4P, T5AE, T6t, T7P, T8AE, T9t, T10P, T11AE, T12t, T13P+AE, T14P+AE, T15P+AE, T16P+AE) y 3 repeticiones obteniendo un total de 48 plantas.

Una vez finalizado el experimento, los resultados se analizaron con el paquete estadístico SAS con el método matemático Duncan.

VARIABLES DEPENDIENTES

Altura de la planta

A los 5 días después del trasplante se tomó los datos de altura de la planta usando un vernier digital Modelo: SPF10997 la altura se tomó midiendo desde el tallo de la planta hasta el ápice de la misma.

Cantidad de clorofila en las hojas

Una vez realizado el trasplante y comenzando con los primeros riegos, la planta continuo con su crecimiento y desarrollo vegetativo y la mayoría de las hojas tenían las primeras hojas primarias listas para tomar los datos de las unidades SPAD. Se utilizó el SPAD MINOLTA 506 para medir la cantidad de clorofila de las hojas. Esta toma de datos se realizó 2 veces al día cada dos días, con un total de 3 muestreos. El muestreo consistió en tomar la muestra de la hoja primaria y hace una liga de 6 capturas en el ápice de la hoja sin tocar las nervaduras y sacar la media.

Contenido relativo de clorofila

Para evaluar el efecto de las aplicaciones de los biofertilizantes, en el contenido de clorofila de las plantas, se utilizó el sensor SPAD 502 (Minolta Corporation), que mide la concentración relativa de clorofila por medio de la luz transmitida a través de la hoja a una longitud de onda de 650 y 940 nm.

Este sensor, estima en forma instantánea el contenido relativo de clorofila (adimensional, en un rango de 0 a 199) en las hojas, sin destruir el tejido, de acuerdo con la siguiente ecuación:

—

Donde:

SPAD= valor del nivel de clorofila

K = es el coeficiente de extinción del medio (clorofila de la hoja) a la radiación aplicada (650 nm)

IR_t = intensidad de la radiación que transmite la hoja a 940 nm.

IR_o = intensidad de la luz emitida por el sensor a 940 nm.

R_r = intensidad de la radiación que transmite la hoja a 650 nm.

R_o = intensidad de la luz emitida por el sensor a 650 nm.



Figura 7. Determinación del contenido de clorofila en las hojas con el sensor SPAD 502 (Minolta Corporation) en plantas de Frijol.

Toma de datos de Peso Fresco

Se colocaron en bolsas de papel cada una de las muestras de raíz y tallo de cada uno de los tratamientos. Con una balanza analítica se tomó el peso de la bolsa y después se pesó la muestra con la bolsa.

Toma de datos de Peso Seco

De las muestras obtenidas del peso fresco, se pasó a colocar las muestras de los diferentes tratamientos en la estufa, se dejó por 24 horas a una temperatura de 65°C y se procedió a tomar el peso seco con una balanza analítica.

Prueba de retención de agua

De los sustratos utilizados en el experimento se procedió a sacar el porcentaje de retención de agua.

Los materiales utilizados fueron:

Recipientes de 1L

Probeta Graduada

Se cribó el suelo excepto el peat moss y la vermiculita, dependiendo a su peso se le agregó el equivalente en agua y se dejó reposar aproximadamente 12 horas.

Transcurridas las 12 horas se procedió a medir el drenado con la probeta graduada, posteriormente se hicieron los cálculos respectivos.

A: Volumen del sustrato

B: Volumen del agua drenada al sustrato

C: Volumen de agua drenada



Figura 8. Prueba de retención de agua en los 16 tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables fenológicas

Peso fresco de la raíz de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

En la Tabla 1 correspondiente al peso fresco de la raíz, se observan diferencia estadística significativa entre tratamientos resultando para esta variable, como el mejor tratamiento el T15P+AE (poliacrilato de potasio y algaenzims en vermiculita) ya que se encuentra en el grupo de significancia (a) siguiéndole el tratamiento T8AE(algaenzims en vermiculita) mostrando una diferencia unitaria con respecto al tratamiento T9t (vermiculita) de 2.14, 1.25 y una diferencia porcentual de 39.9 y 19.14 respectivamente, los resultados de éste sustrato (vermiculita) indican que la raíz encontró mejores condiciones para el desarrollo del sistema radicular.

Para los tratamientos con peat moss el mejor tratamiento fue el tratamiento T16P+AE (polímero y algaenzims en peat moss) se encuentra en el segundo grupo de significancia (ab) con una diferencia unitaria de 1.45 resultando así con una diferencia porcentual de 22.7, respecto al T12 (Peat Moss).

En el suelo arenoso los tratamientos T1P (polímero), T2AE (algaenzims), T3t (testigo) y T13P+AE (polímero y algaenzims) no presentaron diferencia significativa, sin embargo se muestra que el T13P+AE (polímero y algaenzims) obtuvo una diferencia porcentual de 31.89 con respecto al tratamiento T3t (Suelo arenoso).

En este cuadro de resultados de peso fresco de raíz el suelo arcilloso no presenta resultados favorables en los tratamientos con los productos aplicado (polímero y algaenzims) ya que se sitúan en el último nivel de significancia (e), sólo el testigo (T6t) y la mezcla sinérgica de polímero y algaenzims (T13P+AE) encontrándose en el grupo de significancia dc, teniendo una diferencia unitaria de 5.54 y una diferencia porcentual de 16.11.

Tabla 1. Comparación de medias del peso fresco de la Raíz.

Tratamientos	Duncan Agrupamiento	Media
T1P (Suelo Arenoso)	c d	4.32
T2AE(Suelo Arenoso)	d	3.90
T3t(Suelo Arenoso)	d	3.70
T4P(Suelo Arcilloso)	e	0.00
T5AE(Suelo Arcilloso)	e	0.00
T6t(Suelo Arcilloso)	d	3.60
T7P(Vermiculita)	c d	4.92
T8AE(Vermiculita)	a b	7.78
T9t(Vermiculita)	b c	6.53
T10P(Peat Moss)	b c	6.54
T11AE(Peat Moss)	c d	5.03
T12t(Peat Moss)	b c	6.43
T13P+AE(Suelo Arenoso)	c d	4.88
T14P+AE(Suelo Arcilloso)	d c	4.18
T15P+AE(Vermiculita)	a	9.14
T16P+AE(Peat Moss)	a b	7.89

P: Poliacrilato de Potasio

AE: Algaenzims

t: Testigo

P+AE: Mezcla sinérgica Poliacrilato de Potasio y ALGAENZIMS^{MR}

Peso fresco de la planta del Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

En la tabla 2, se presentan los resultados estadísticos donde se muestra una diferencia significativa entre tratamiento situando al tratamiento T15P+AE (polímero y algaenzims en vermiculita), en el primer grupo de significancia con una diferencia unitaria de 0.81 y una diferencia porcentual de 16.08 respecto al tratamiento T7P (polímero en vermiculita).

Con respecto al sustrato de peat moss el T16P+AE (polímero y peat moss) no se presentó diferencia estadística, sin embargo existe una diferencia unitaria de 0.46 con respecto al T10P (polímero en peat moss), con una diferencia porcentual de 8.28, deduciendo así al T16P+AE (polímero y algaenzims en peat moss) como el segundo mejor tratamiento de los 16 tratamientos.

En el suelo arenoso el tratamiento T13P+AE (polímero y algaenzims) y T1P (polímero en suelo arenoso) presentan una diferencia unitaria de 0.08 a pesar que se encuentran en el mismo agrupamiento Duncan presenta una ligera diferencia porcentual de 2.45. Refiriéndose a los tratamientos en suelo arcilloso se encuentran nuevamente en los grupos de menor significancia (d e f, e f) y entre ellos podemos decir que los tratamientos T4P, T5AE y T6t no presentan diferencia significativa, y se observa que la mezcla sinérgica de polímero y algaenzims obtiene mejores resultados sobre ésta variable, donde el T14P+AE (polímero y algaenzims en suelo arcilloso) muestra una diferencia unitaria de 0.15 y con pequeña diferencia porcentual del 3.81 con respecto al T6t (testigo en suelo arcilloso)

Tabla 2. Comparación de las medias del peso fresco en gr. de planta de frijol.

Tratamientos	Media	Duncan Agrupamiento
T1P(Suelo Arenoso)	4.84	c d e
T2AE(Suelos Arenoso)	4.02	d e f
T3t(Suelos Arenoso)	4.19	d e f
T4P(Suelo Arcilloso)	3.68	f
T5AE(Suelo Arcilloso)	3.69	f
T6t(Suelo Arcilloso)	3.93	e f
T7P(Vermiculita)	5.41	a b c
T8AE(Vermiculita)	5.06	b c d
T9t(Vermiculita)	4.84	c d e
T10P(Peat Moss)	5.55	a b c
T11AE(Peat Moss)	4.94	c d e
T12t(Peat Moss)	5.02	b c d
T13P+AE(Suelo Arenoso)	4.76	c d e
T14P+AE(Suelo Arcilloso)	4.08	d e f
T15P+AE(Vermiculita)	6.28	a
T16P+AE(Peat Moss)	6.01	a b

P: Poliacrilato de Potasio

AE: Algaenzims

t: Testigo

P+AE: Mezcla sinérgica Poliacrilato de Potasio y ALGAENZIMS^{MR}

Diferencia de la altura de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) muestreo 1.

En la Tabla 3, se muestra diferencia significativa entre tratamientos, resultando que los mejores tratamientos son el T1P (polímero en suelo arenoso) y T2AE (algaenzims en suelo arenoso) pertenecientes al suelo arenoso situados en el primer grupo de significancia (a) ambos con una diferencia de 4.2 y 4 unidades, resultando una diferencia porcentual de 18 y 17 con respecto al tratamiento 3 (Suelo arenoso).

En la vermiculita los tratamientos que se mantuvieron en el segundo agrupamiento Duncan (ab) fueron los tratamientos T8AE (algaenzims en vermiculita), T15P+AE (polímero y algaenzims en vermiculita) resultando con una diferencia unitaria de 2.17 y 3.08, una diferencia porcentual de 8.21 y 13.83 respectivamente con respecto al tratamiento T9t (Vermiculita).

El tratamiento T12t (testigo en peat moss), éste tratamiento sigue dentro del grupo ab como el mejor tratamiento en peat moss, refiriéndonos a los tratamientos en peat moss (T10P, T11AE, T16P+AE) presentaron un nivel similar en un agrupamiento abc, por ello podemos decir que el testigo fue el mejor tratamiento dentro de los tratamientos con peat moss, dejando en segundo lugar al efecto producido con el polímero y algaenzims.

El suelo arcilloso ocupa en este caso el tercer lugar en cuanto efecto en la altura, el tratamiento T6t (testigo en suelo arcilloso) presenta una diferencia unitaria de 1.83 respecto al T14P+AE (polímero y algaenzims) y una diferencia porcentual de 9.20.

Tabla 3. Altura de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el primer muestreo.

Tratamientos	Media	Duncan Agrupamiento
T1P (Suelo arenoso)	26.20	a
T2AE (Suelo arenoso)	26.00	a
T3t (Suelo arenoso)	22.17	a b c
T4P (Suelo arcilloso)	18.05	c d
T5AE (Suelo arcilloso)	16.05	d
T6t (Suelo arcilloso)	21.70	a b c
T7P (Vermiculita)	22.53	a b c
T8AE (Vermiculita)	24.10	a b
T9t (Vermiculita)	22.27	a b c
T10P (Peat moss)	22.80	a b c
T11AE (Peat moss)	22.50	a b c
T12t (Peat moss)	24.03	a b
T13P+AE (Suelo arenoso)	21.17	a b c d
T14P+AE (Suelo arcilloso)	19.87	b c d
T15P+AE (Vermiculita)	25.35	a b
T16P+AE (Peat moss)	22.63	a b c

P: Poliacrilato de Potasio

AE: Algaenzims

t: Testigo

P+AE: Mezcla sinérgica Poliacrilato de Potasio y ALGAENZIMS^{MR}

Diferencia de altura de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) muestreo 2.

En el segundo muestreo realizado de altura de planta los resultados estadísticos muestran claramente que el T15 (mezcla sinérgica de polímero y algaenzims en vermiculita) fue el mejor tratamiento con respecto a la altura. Éste tratamiento se mantuvo a pesar de las condiciones de temperatura que alcanzaban en el invernadero (hasta los 50°C), en este segundo resultado se muestra que el tratamiento T2AE (suelo arenoso con Algaenzims) tiene menor grado de significancia pero es el segundo de los tratamientos que alcanzo una altura significativa en esta variable.

En este cuadro el suelo arenoso no se mostro diferencia significativa con respecto a los tratamientos T1P (polímero en suelo arenoso), T2AE (Suelo arenoso) y T3t (testigo en suelo arenoso), pero tratamiento T2AE (Suelo arenoso) muestra una diferencia unitaria de 2 con una diferencia porcentual de 7 con respecto al T3 y la mezcla de ambos productos T14P+AE (polímero y algaenzims en suelo arenoso) que se encuentra en el ultimo agrupamiento Duncan (hi).

Tabla 4. Comparación de medias de altura de la planta de frijol del segundo muestreo.

Tratamientos	Duncan	
	Media	Agrupamiento
T1P (Suelo arenoso)	24.3	b c
T2AE (Suelo arenoso)	26.0	b
T3t (Suelo arenoso)	24.2	b c
T4P (Suelo arcilloso)	18.05	g h i
T5AE (Suelo arcilloso)	16.05	l
T6t (Suelo arcilloso)	21.7	c d e f
T7P (Vermiculita)	20.3	f g
T8AE (Vermiculita)	24.1	b c d
T9t (Vermiculita)	23.35	c d e
T10P (Peat moss)	21.2	e f
T11AE (Peat moss)	22.5	c d e f
T12t (Peat moss)	21.55	d e f
T13P+AE (Suelo arcilloso)	23.75	b c d e
T14P+AE (Suelo arenoso)	17.8	hi
T15P+AE (Vermiculita)	29.03	a
T16P+AE (Peat moss)	20.00	f g h

P: Poliacrilato de Potasio

AE: Algaenzims

t: Testigo

P+AE: Mezcla sinérgica Poliacrilato de Potasio y ALGAENZIMS^{MR}

Diferencia de altura de los dos muestreos tomados de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Muestra significativamente que los tratamientos marcados con T1P (suelo arenoso con polímero), T8AE (suelo arenoso con algaenzims), T15 (mezcla sinérgica de polímero más algaenzims) fueron los 3 mejores tratamientos en base a la altura de las plantas, es decir, en el suelo arenoso el polímero tuvo mayor efecto seguido del algaenzims con una diferencia unitaria de 1.5. En cuanto a los demás tratamientos no hubo diferencia de altura puesto que se mantuvieron en los agrupamientos ab y abc mostrando un efecto por parte de los productos aplicados, sin embargo la mezcla sinérgica tuvo efecto nulo (c) a esta variable en el suelo arcilloso (T14P+AE) con respecto al T5AE (algaenzims en suelo arcilloso) que por si solo tuvo alcanzo un efecto considerable en base a la altura (bc).

Tabla 5. Comparación de medias en la diferencia de altura de dos muestreos (inicial y final) de la planta de frijol.

Tratamientos	Media	Duncan Agrupamiento
T1P (Suelo arenoso)	6.87	A
T2AE (Suelo arenoso)	5.33	a b
T3t (Suelo arenoso)	3.33	a b c
T4P (Suelo arcilloso)	2.38	a b c
T5AE (Suelo arcilloso)	1.38	b c
T6t (Suelo arcilloso)	3.87	a b c
T7P (Vermiculita)	5.53	a b
T8AE (Vermiculita)	7.10	A
T9t (Vermiculita)	4.43	a b
T10P (Peat moss)	4.80	a b
T11AE (Peat moss)	4.50	a b
T12t (Peat moss)	6.37	a b
T13P+AE (Suelo arenoso)	5.50	a b
T14P+AE (Suelo arcilloso)	-0.80	C
T15P+AE (Vermiculita)	7.19	A
T16P+AE (Peat moss)	6.30	a b

P: Poliacrilato de Potasio

AE: Algaenzims

t: Testigo

P+AE: Mezcla sinérgica Poliacrilato de Potasio y ALGAENZIMS^{MR}

Resultados estadísticos de las diferencias de medias del peso seco de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

En la tabla 6, se muestra diferencia significativa entre los tratamientos T1P (suelo arenoso con polímero) y T5AE (suelo arcilloso con algaenzims) son los mejores tratamientos, seguidos de los tratamientos T9t, T15P+AE, T16P+AE. Obteniendo una diferencia unitaria entre el T1P (polímero en suelo arenoso) y T3t (testigo en suelo arenoso) de 0.24 y una diferencia porcentual de 6.91.

El T5AE (algaenzims en suelo arcilloso) ubicado en el grupo Duncan a muestra una diferencia unitaria ante el T6t (testigo en suelo arcilloso) de 0.18 con una diferencia porcentual de 5.47. El testigo estuvo por encima de la mezcla sinérgica T14P+AE (polímero y algaenzims en suelo arcilloso).

El tratamiento con peat moss T16P+AE (polímero y algaenzims en peat moss) se encuentra en el grupo Duncan ab, marcando una diferencia unitaria de 0.11 en comparación del T11AE (algaenzims en peat moss) que se encuentra en el agrupamiento b, con una diferencia porcentual de 3.43.

Tabla 6. Diferencia de medias del peso seco de la planta de frijol.

Tratamientos	Media	Duncan Agrupamiento
T1P (Suelo arenoso)	3.71	a
T2AE (Suelo arenoso)	3.57	ab
T3t (Suelo arenoso)	3.47	b
T4P (Suelo arcilloso)	3.47	b
T5AE (Suelo arcilloso)	3.70	a
T6t (Suelo arcilloso)	3.52	b
T7P (Vermiculita)	3.51	b
T8AE (Vermiculita)	3.51	b
T9t (Vermiculita)	3.55	a b
T10P (Peat moss)	3.48	b
T11AE (Peat moss)	3.49	b
T12t (Peat moss)	0.00	c
T13P+AE (Suelo arenoso)	3.51	b
T14P+AE (Suelo arcilloso)	3.48	b
T15P+AE (Vermiculita)	3.61	a b
T16P+AE Peat moss)	3.61	ab

P: Poliacrilato de Potasio

AE: Algaenzims

t: Testigo

P+AE: Mezcla sinérgica Poliacrilato de Potasio y ALGAENZIMS^{MR}

Resultado estadístico del peso seco de la raíz de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

En el tabla 7 muestra claramente que en la mayoría de los tratamientos no muestran diferencia estadística entre tratamientos en la variable del peso seco de la raíz excepto el tratamiento T4P (polímero en suelo arcilloso) que fue el único en el agrupamiento b.

Tabla 7. Comparación de medias del peso seco de la raíz de frijol.

Tratamientos	Media	Duncan Agrupamiento
T1P (Suelo arenoso)	3.65	A
T2AE (Suelo arenoso)	3.56	A
T3t (Suelo arenoso)	3.54	A
T4P (Suelo arcilloso)	1.11	B
T6t (Suelo arcilloso)	3.44	A
T8AE (Vermiculita)	3.75	A
T9t (Vermiculita)	3.53	A
T10P (Peat moss)	3.56	A
T11AE (Peat moss)	3.66	A
T12t (Peat moss)	3.66	A
T13P+AE (Suelo arenoso)	3.74	A
T14P+AE (Suelo arcilloso)	3.47	A
T15P+AE (Vermiculita)	3.78	A
T16P+AE (Peat moss)	3.79	A

P: Poliacrilato de Potasio

AE: Algaenzims

t: Testigo

P+AE: Mezcla sinérgica Poliacrilato de Potasio y ALGAENZIMS^{MR}

Resultados estadísticos de la diferencia de medias de la cantidad de clorofila en 3 fechas de muestreo.

Tabla 8. Diferencia de medias de la cantidad de clorofila en las hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

TRATAMIENTOS	Medias					
	FECHA 1		FECHA 2		FECHA 3	
T1P (Suelo arenoso)	34.4	ab	27.83	abc	24.7	cdef
T2AE (Suelo arenoso)	33.6	abc	30.56	ab	20.8	fg
T3t (Suelo arenoso)	23.5	g	26.06	bcd	25.5	cdef
T4P (Suelo arcilloso)	34.9	ab	24.86	bcd	20.7	g
T5AE (Suelo arcilloso)	28.3	defg	27.1	abc	27.1	cdef
T6t (Suelo arcilloso)	32.4	abcd	32.9	a	25.9	cdef
T7P (Vermiculita)	25.3	fg	29.7	ab	21.93	efg
T8AE (Vermiculita)	30.3	bcdef	21.03	d	25.55	cdef
T9t (Vermiculita)	28.7	cdef	27.7	abc	16.06	g
T10P (Peat moss)	27.2	efg	20.76	d	28.13	bcde
T11AE (Peat moss)	27.2	egf	23.4	cd	27.13	cdef
T12t (Peat moss)	28.5	edfg	14.7	e	29.5	bcd
T13P+AE (Suelo arenoso)	36.9	a	30.36	ab	33.93	ab
T14P+AE (Suelo arcilloso)	28.7	cdef	33.16	a	34.55	ab
T15P+AE (Vermiculita)	31.6	bcde	26.7	bcd	22.53	defg
T16P+AE (Peat moss)	26.3	fg	13.96	e	31.06	abc

P: Polímero

AE: ALGAENZIMS^{MR}

t: Testigo

P+AE: Mezcla sinérgica (polímero y algaenzims)

Resultados del volumen (ml) drenado en base al promedio del peso (gr) y volumen agregado (ml).

En la tabla 9 se muestra la diferencia de medias y agrupamientos Duncan de los resultados estadísticos de los 4 muestreos realizados para la variable de la clorofila con el SPAD-502 que determina la cantidad relativa de clorofila presente mediante la medición de la absorción de la hoja proporcionando la cantidad de clorofila presente en la hoja.

Se observa a la mezcla sinérgica (polímero y algaenzims) con una diferencia de significancia alta entre los dos tratamientos T13P+AE (Suelo arenoso) y T14P+AE (Suelo arcilloso), éstos dos tratamientos mantuvieron sus niveles de clorofila en los 4 muestreos permaneciendo así en los primeros agrupamientos (a, ab).

En el suelo arenoso ocurrió cambio en el cuarto muestreo de los 3 tratamientos T1P, T2AE Y T3t, en los primeros 3 muestreos (F1, F2, F3) hubo variaciones entre en los 3 tratamientos pero en el último muestreo presentaron un resultado arriba de los muestreos anteriores excepto del T2AE (algaenzims en suelo arenoso) que se mantuvo en el agrupamiento ab con una diferencia unitaria de 2 respecto a los tratamientos T1P (polímero en suelo arenoso) y T3t (testigo en suelo arenoso).

Para el suelo arcilloso no se encuentra diferencia significativa a pesar de tener respuesta en por lo menos un muestreo en los grupos ab, sólo el testigo (T6t) presentó cambios en los niveles de clorofila en el muestreo 2 (32.9 a) y 4(33.3 ab) con una diferencia unitaria de 0.4.

En el sustrato vermiculita y peat moss no se aprecia diferencia significativa alguna a excepción del T7P (polímero en vermiculita) con 29.7ab y T9t (testigo en vermiculita) con 27.7abc en el segundo muestreo teniendo así una diferencia unitaria de 2, la mayoría de los tratamientos (T8AE, T9t, T10P, T11AE, T12t) presentan niveles de clorofila bajos por lo cual no alcanzan un nivel de significancia dentro de los primeros grupos más significativos.

Tabla 9. Promedio de peso del suelo (gr), volumen agregado (ml) y volumen drenado (ml) de los tratamientos.

Tratamientos	Peso de Suelo (gr)	Vol. Agregado (ml)	Vol. Drenado (ml)
T1P(Suelo Arenoso)	506 c	506 C	292.67 ab
T2AE(Suelos Arenoso)	504 cd	504 C	237.67 c
T3t(Suelos Arenoso)	500 cd	500 C	297 ab
T4P(Suelo Arcilloso)	545 ab	545 Ab	274 b
T5AE(Suelo Arcilloso)	534 b	534 B	299 ab
T6t(Suelo Arcilloso)	554 a	554 A	307 a
T7P(Vermiculita)	62 fg	62 E	25.06 d
T8AE(Vermiculita)	62 fg	62 E	25.06 d
T9t(Vermiculita)	55 gh	49 E	26.71 d
T10P(Peat Moss)	48 gh	42 E	25.04 d
T11AE(Peat Moss)	43 h	41 E	28.37 d
T12t(Peat Moss)	72 f	61 E	31.72 d
T13P+AE(Suelo Arenoso)	493 cd	493 C	282 ab
T14P+AE(Suelo Arcilloso)	489 d	489 C	242 c
T15P+AE(Vermiculita)	133 e	133 D	26.8 d
T16P+AE(Peat Moss)	56 fgh	50 E	25.03 d

En la tabla 9 muestra los resultados en base al volumen promedio de cada uno de los sustratos con sus respectivos tratamientos respecto al testigo de cada uno. Donde se destaca el algaenzims con un efecto en el suelo arenoso (T2AE) ya que el volumen drenado fue al polímero (T1P), el suelo

arcilloso muestra un efecto el polímero (T4P) en comparación a su testigo, teniendo un mayor porcentaje de retención de humedad.

En base al peso del suelo de los sustratos vermiculita y peat moss (T7P), T8AE, T9t, T10P, T11AE, T12t) no presentaron un efecto significativo con respecto a su testigo por lo que se puede decir que en estos tipos de sustrato los productos aplicados no tienen un efecto sobre la estructura del suelo.

En la mezcla sinérgica los resultados muestran que en el suelo arenoso (T13P+AE) no presenta sinergia significativa en cuanto a su testigo. En cambio en el T14P+AE en suelo arcilloso se observa un efecto similar en comparación al tratamiento con polímero (T4P), para éste mismo tipo de suelo el tratamiento con algaenzims (T5AE) presenta un mayor volumen de agua drenada que el tratamiento con el polímero (T4P) lo cual indica poca retención de humedad con un comportamiento similar al testigo (T6t).

Resultados de capacidad de retención de agua en 4 tipos de sustratos.

A continuación se presente una tabla con el porcentaje de capacidad de retención de agua en 4 diferentes sustratos donde se aplicaron los diferentes tratamientos evaluados.

Tabla 10. Tabla de resultados de capacidad de retención de agua en 4 tipos de sustratos.

Tratamientos	%Capacidad de Retención
T1P (Suelo arenoso)	1.40 ab
T2AE (Suelo arenoso)	19.93 c
*T3t (Suelo arenoso)	0.00
T4P (Suelo arcilloso)	10.75 b
T5AE (Suelo arcilloso)	2.61 ab
*T6t (Suelo arcilloso)	0.00
T7P (Vermiculita)	6.18 d
T8AE (Vermiculita)	6.19 d
*T9t (Vermiculita)	0.00
T10P (Peat moss)	21.07 d
T11AE (Peat moss)	10.56 d
*T12t (Peat moss)	0.00
T13P+AE (Suelo arenoso)	5.00 ab
T14P+AE (Suelo arcilloso)	21.17 c
T15P+AE (Vermiculita)	-0.32 d
T16P+AE (Peat moss)	21.10 d

En Tabla 10 y Grafica 1 se observan los siguientes resultados.

Para el suelo arenoso se observa que el ALGAENZIMS^{MR} tuvo menor cantidad de agua drenada en comparación del tratamiento con polímero (T1P), esto indica que el suelo del tratamiento con algaenzims (T2AE) tiene mayor capacidad de retención de agua (19.93%), se puede decir que el algaenzims en el suelo arenoso tiene buenas condiciones en cuando a la estructura del suelo que esta basada en la porosidad y aireación.

En el suelo arcilloso ocurrió lo contrario a los tratamientos en el suelo arenoso, el tratamiento con polímero (T4P) tiene 10.75% en cuanto a porcentaje de retención de agua en el suelo, por lo tanto para el éste suelo el polímero tuvo mas respuesta a ésta variable. Por otro lado el tratamiento con algaenzims (T5AE) tiene un porcentaje por debajo de la mitad que el polímero pero dicho resultado concuerda con la variable de cantidad de clorofila, éste resultado indica que la planta tuvo las condiciones óptimas para realizar el proceso de la fotosíntesis ya que reporta un nivel de clorofila aceptable en la variable de cantidad de clorofila.

Clinton J. Dawes (1991) menciona que os efectos benéficos de las algas marinas probablemente se deben al alginato de las algas pardas, el cual mejora la estructura del suelo y aumenta el humus y la capacidad de retención de agua del suelo.

En el sustrato de vermiculita no se presentó diferencia significativa entre el tratamiento con polímero y algaenzims (T7P, T8AE), arrojaron datos del 6.1% lo cual muestra que tuvieron un comportamiento similar.

En el sustrato de peat moss, los resultados estadísticos presentan diferencia entre los tratamientos T10P y T11AE con respecto al testigo (Cuadro 13), se tiene al T10P como el mejor tratamiento en cuanto a esta variable, presentando mas de la mitad del porcentaje con respecto al algaenzims (21.07%), el tratamiento con algaenzims presentó el 10.56% lo cual lo coloca en el segundo lugar en ésta variable, teniendo en cuenta que no es un dato nulo, sino que ésta dentro del porcentaje normal para que la humedad del

suelo se mantenga y por lo tanto la planta lo tenga disponible para realizar sus funciones.

En la mezcla sinérgica de polímero y algaenzims no se presentó un efecto sinérgico en los tratamientos T13P+AE, T15P+AE, T16P+AE con respecto a su testigo a excepción del T15P+AE (polímero y algaenzims en suelo arcilloso) que presentó un efecto con al comportamiento en el testigo.

Actualmente se está trabajando en la mejora de estos hidrogeles para darles la resistencia adecuada y poder aplicarlos en cultivos rotativos como el maíz, las hortalizas o el frijol por citar algunos ejemplos. Cabe mencionar que estos hidrogeles han sido modificados aplicando nanotecnología. Estrada *et al.*, (2010) menciona en la revista iberoamericana donde se modificaron con nanotubos de carbono, y el resultado fue que la capacidad de retención de agua aumentó, ya que los hidrogeles sin nanotubos absorben el 200% de su peso en agua, y al agregar los nanotubos de carbono la retención de agua aumentó al 300%.

CONCLUSIONES

De acuerdo a la investigación realizada, se obtienen las siguientes conclusiones.

1.- La aplicación del Poliacrilato de Potasio tuvo un efecto significativo en cuanto a las variables fisiológicas de altura y peso seco de la planta de frijol y en la retención de humedad del suelo arcilloso. La hipótesis fue aceptada.

2.- La aplicación del producto ALGAENZIMS^{MR} demostró efecto positivo en la retención de humedad de suelo arenoso, destacando efecto favorable sobre las variables fisiológicas de la planta en altura, peso seco y cantidad de clorofila. La hipótesis fue aceptada

3.- La aplicación de la mezcla del polímero y ALGAENZIMS^{MR} en el suelo presentó un efecto sinérgico en cuanto a capacidad retención en el suelo arcilloso y el sustrato de peat moss, y en la variable de clorofila de la planta de frijol. La hipótesis es aceptada para la variable del contenido de clorofila en la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

RECOMENDACIONES

Dado los resultados en las variables evaluadas en ésta investigación se pueden establecer las siguientes recomendaciones.

1.- El uso del polímero es una alternativa para las condiciones menos drásticas del suelo aumentando la cantidad aplicada al suelo para un mejor efecto, según los resultados arrojados es propiamente para suelos arenosos, y cultivos que no demanden mayor cantidad de agua para el crecimiento.

2.- Considero continuar con la investigación en cuanto a evaluar al polímero bajo invernadero con condiciones controladas y a campo abierto así como también con cultivos que demandan mayor cantidad de agua ya que el inconveniente que surgió fueron altas temperaturas dentro del invernadero de hasta 50°C aproximadamente.

LITERATURA CITADA

- Ackerman, John M. Carreño, C., Gutiérrez M., Jusidman., Pérez V., Trejo D. 2012. Revista de la Universidad Iberoamericana. 19.38-100p.
- ARIAS R., J. H. y colaboradores. 2001. Tecnología para la producción y manejo de semilla de frijol para pequeños productores. Boletín Divulgativo 1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. 32 pp.
- Barreto., O. 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.
- Barón, C., Barrera, Boada, E., Rodríguez. y Rodríguez, N. 2007. Evaluación de Hidrogeles para Aplicaciones Agroforestales. Universidad Nacional de Colombia, Ingeniería e Investigación. 27 (N° 003). 33-44pp.
- Barón, A., Superabsorbent hydrogel for agricultural applications., Synthesis and Evaluation., 7th World Congress of Chemical Engineering, 2005.
- Berg, A. K., and Perkins T. D. 2004. Evaluation of a portable chlorophyll meter to estimate chlorophyll and nitrogen contents in sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) leaves. For. Ecol. Manage. 200: 113-117.
- Benacchio S., S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el trópico americano. FONAIAP-CNIA. Maracay, Venezuela. 202p.
- Buchholz, F. L., Graham, A.T., Modern superabsorbent polymer technology, Wiley-VCH, 1998.
- Chang, S. X., and Robinson D. J. 2003. Nondestructive and rapid estimation of hardwood foliar nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter. For. Ecol. Manage. 181: 331–338.
- Curran P.J., Dungan, J. L., Gholz H. L. 1990. Exploring the relationship between reflectance red edge and chlorophyll content in slash pine. Tree Physiology. Costa Rica. Dirección General de Investigación y

Extensión Agrícolas. 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Universidad de Texas: 560 p.7: 33-48.

Daas C., Montpied P., Hanchi B., and Dreyer E., 2008. Responses of photosynthesis to high temperatures in oak saplings assessed by chlorophyll-a fluorescence: inter-specific diversity and temperature induced plasticity. *Ann. For. Sci.* 65: 305.

Doorenbos, J. y A.H. Kassanm. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de cultivos. *Estudios FAO: Riego y Drenaje No.33*: FAO. Roma. 212p.

Estrada Rodolfo F., Lemus T., Mendoza A. y Rodríguez. Hidrogeles en agricultura.2010Revista Iberoamericana de Polímeros. México D.F. México. 12(2). 2-12p.

FAO-ISRIC-ITC. *Lecture notes of the mayor soil of the World*. Rome. 2001. Disponible en: www.fao.org/docrep/003/Y1899E/y1899e00.htm Fecha de consulta: 18-08-2008.

FAO-ISRIC-ISSS. *World reference base for soil resources*. Rome. 1988. Disponible en: www.fao.org/docrep/W8594E/W8594E00.htm Fecha de consulta: 19- 08-2008.

FAO. 2001. *Major soils of the world. World reference base for soil resources: Atlas*. CD-Room. Disponible en: www.isric.org/Isric/Webdocs/Docs/Major_Soils_of_the_World/start.pdf Fecha de consulta: 25-09-2008.

Filella I., L. Serrano, J. Serra, and J. Peñuelas. 1995. Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. *Crop Science*. 35: 1400-1405.

Filella, I.; Lluvia, J.; Piñol, J., and Peñuelas, J. 1998. Leaf gas Exchange and fluorescence of *Phillyrea latifolia*, *Pistacia lentiscus* and *Quercus ilex* sapling in severe drought and high temperature conditions. *Env. Exp. Bot.* 39: 213-220.

Rojas de Gáscue B, Ramírez M, Aguilera R, García A, Prin JL, Lias J, Torres C, Katime I, Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia, 30, 74. 2008. Revista Iberoamericana de Polímeros. XII Coloquio Venezolano de Polímeros, Universidad de Oriente, Cumana 2007. 9(3). 163pp.

- González, Á. 2009. Aplicación del medidor portátil de clorofila en programas de mejora de trigo y cebada. *Agroecología* 4: 111-116.
- Gummuluru, S., S. L. A. Hobbs, and S. Jana. 1989. Physiological responses of drought tolerant and drought susceptible durum wheat genotypes. *Photosynthetic*. 23: 479-485.
- Han., Shi., Ye., Guo.1996. Characterization of viscoelastic properties of polyacrylamide/Cr(II) hydrogels. Polymer Physics Laboratory, Institute of Chemistry, Academia Sinica, Beijing 100080, People's Republic of China. *Polymer Bulletin* 36, 483-487.1-5pp.
- Hernández., Carrillo, C., Campos, E. 1996. Caracterización de Cuatro Variedades de Frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) por sus Cualidades Físicas y Nutricionales. Aspectos Metodológicos. Honduras, América Central. 5p.
- Hiderman, J., A. Makino, Y. Kurita, T. Masa and K. Ojima. 1992. Changes in the levels of chlorophyll and light-harvesting chlorophyll a/b protein of PSII in senescence. *Plant Cell Physiol*. 53: 1209-1214.
- IDROBO, Humberto Junior; RODRÍGUEZ, Andrés Mauricio y DÍAZ ORTÍZ, Jaime Ernesto. Comportamiento del Hidrogel en Suelos Arenosos. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente [en línea]* 2010, [citado 2012-11-22]. Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=231116434004>. ISSN 1692-9918.
- Jeff Norrie. 2000. Aplicaciones prácticas de productos de algas marinas en la agricultura. Ediciones agrotécnicas S.L. *Revista Terralia* No. 15 y 16. p 26, 27, 28 y 32,34,36.
- J. Dawes.1991. *Botánica Marina*. Universidad del Sur de Florida. Editorial Limusa. 48-673pp.
- Kazanskii, K. S., Dubrovskii, S. A., *Chemistry and Physics of Agricultural Hidrogels.*, *Advances in Polymer Science*, 104,1992, pp. 97-133.
- Kramer, P. J., and J. S. Boyer. 1995. *Water Relations of Plants and soils*. Academic Press: San Diego. 465 p.

- Krugh, B., L. Bichham, and D. Miles. 1994. The solid-state chlorophyll meter, a novel instrument for rapidly and accurately determining the chlorophyll concentrations in seedling leaves. *Maize genetics cooperation. New Letter* 68:25-27.
- Larcher, W. 1995. *Physiological plant ecology: ecophysiology and Stress physiology of functional Groups*. Berlin, Germany: Springer. 513 p.
- Maldonado. 2010. *Sustratos alternativos para la producción de Pinus greggii Engelm en vivero*. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 20-115pp.
- Minolta Camera Co. Ltda. 1989. *Manual for chlorophyll meter SPAD-502*. Minolta radiometric instruments divisions, Osaka. Minolta 22 p.
- Moran, J. A., Mitchell A. K., Goodmanson G., and Stockburger K. A. 2000. Differentiation among effects of nitrogen fertilization treatments on conifer seedlings by foliar reflectance: a comparison of methods. *Tree Physiology* 20: 1113-1120.
- Neufeld, H. S., Chappelka A. H., Somers G. L., Burkey K. O., Davison A.W., and Finkelstein P. L. 2006. Visible foliar injury caused by ozone alters the relationship between SPAD meter readings and chlorophyll concentrations in cut leaf coneflower. *Photosynthesis. Research*.87: 281–286.
- Okay, O., *Macroporous copolymer networks.*, *Progress in Polymer Science*, 25, 2000, pp. 711-779.
- Peguero-Pina J.J., Morales F., and Gil-Pelegrín E., 2008. Frost damage in *Pinus sylvestris* L. stems assessed by chlorophyll fluorescence in cortical bark chlorenchyma. *Ann. For. Sci.* 65: 813.
- Peterson, T. A., T. M. Blackmer, D. D. Francis, and J. S. Schepers. 1993. *Using a chlorophyll meter to improve N management*. Nebguide. Coop. Ext., Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska, Lincoln.
- Piekielek, W P., D. Lingenfelter, D. Beegle, and R. Fox. 1997. *The early-season chlorophyll meter test for Corn*. *Agronomy facts* 53. College of Agric. Sci., Coop. Extension. Pennsylvania State Univ., Pennsylvania, USA.

- Piekielek, W. P., and R. H. Fox. 1992. Use of determination of chlorophyll meter to predict nitrogen requirements for maize. *Agron. J.* 84: 59-65.
- RÍOS, M., J. y QUIRÓS D., J. 2002. El Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Cultivo, beneficio y variedades. Boletín Técnico. FENALCE. Bogotá. 193 pp.
- Rojas, G., Ramírez., Aguilera1., Prin. y Carlos Torres. 2006. Los Hidrogeles Poliméricos como Potenciales Reservorios de Agua y su Aplicación en la Germinación de Semillas de Tomate en Diferentes Tipos de Suelos. *Revista Iberoamericana de Polímeros.* 7(3).12pp.
- Sumner, M.E. Handbook of Soil Science. CRC Press. EU. 2000.
- Summerfield, R. J., E. H. Roberts, and R. J. Lawn. 1989. Photothermal modulation of flowering in grain legumes crops. Proc. Of the inter. Congress of Plant Physiology and Biochemistry- New Delhi, India.
- Takebe, M., and T. Yoneyama. 1989. Measurement of leaf color scores and its implication to nitrogen nutrition of rice plants. *Japanese Agricultural Research.* 23:86–93.
- Tenga A. Z., Marie B. A., and Ormrod P. D. 1989. Leaf greenness meter to assess ozone injury to tomato leaves. *HortScience* 24: 514.
- Turner, F .T., and M. F. Jund. 1994. Assessing the nitrogen requirements of rice crops with a chlorophyll meter. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34: 1001-1005.
- Ulloa., Ulloa., Ramírez y Ulloa, Rangel. 2011. El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. 1Centro de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Nayarit. 3(No. 8):5p.
- WHITE, 1. 1985. Conceptos básicos de fisiología de frijol. In *Frijol, investigación producción*, Ed. por M. López, F. Femández y A.V. Shoonhoven. CIA T. Colombia. pp 43-60.

ANEXOS

Figura 1. Resultados en porcentajes de la capacidad de retención de agua en 4 tipos de sustratos.

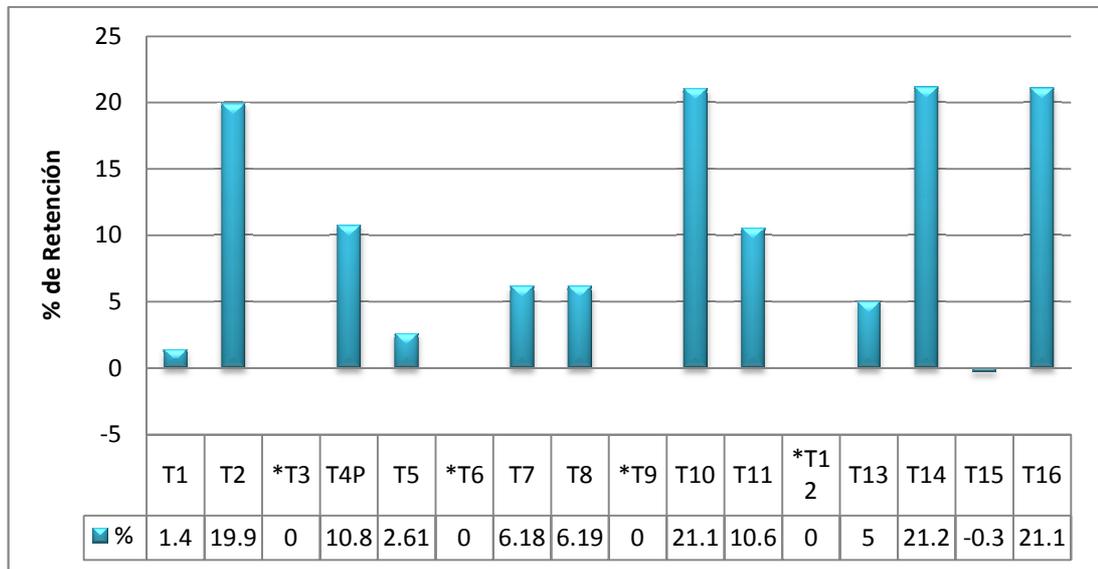


Figura 2. Promedio de peso del suelo (gr), volumen agregado (ml) y volumen drenado (ml) de los tratamientos.

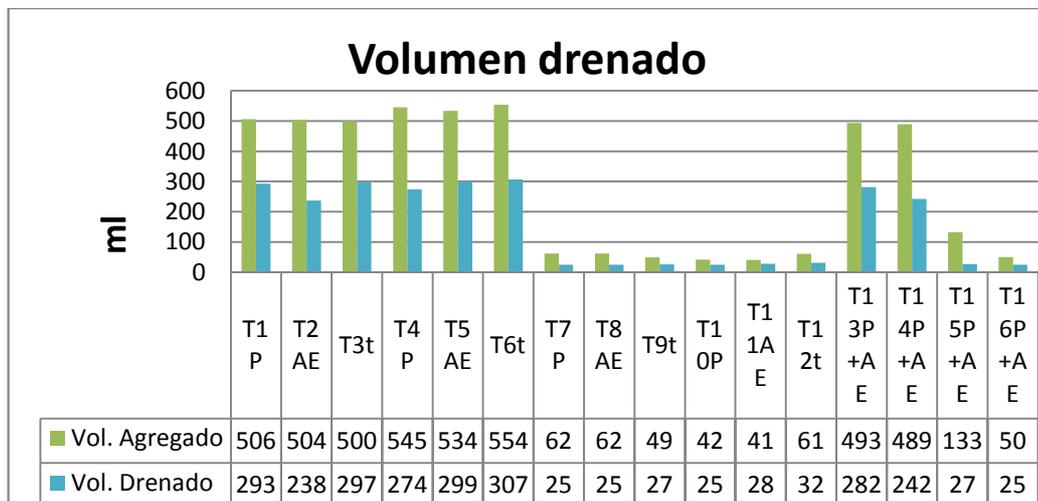


Figura 3. Diferencia de medias de la cantidad de clorofila en las hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

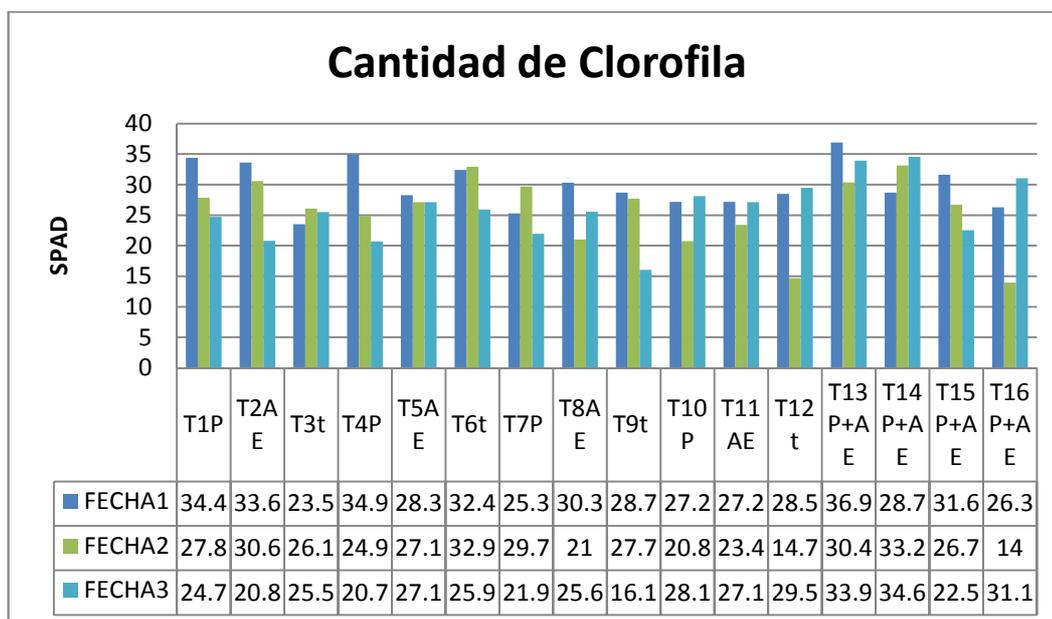


Figura 4. Comparación de medias del peso seco de la raíz de frijol.

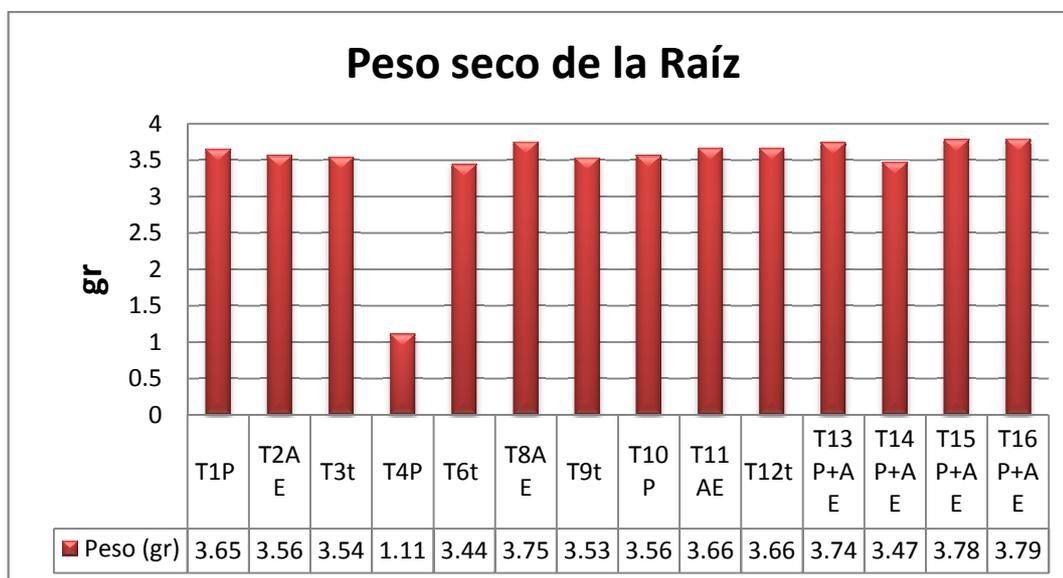


Figura 5. Diferencia de medias del peso seco de la planta de frijol.

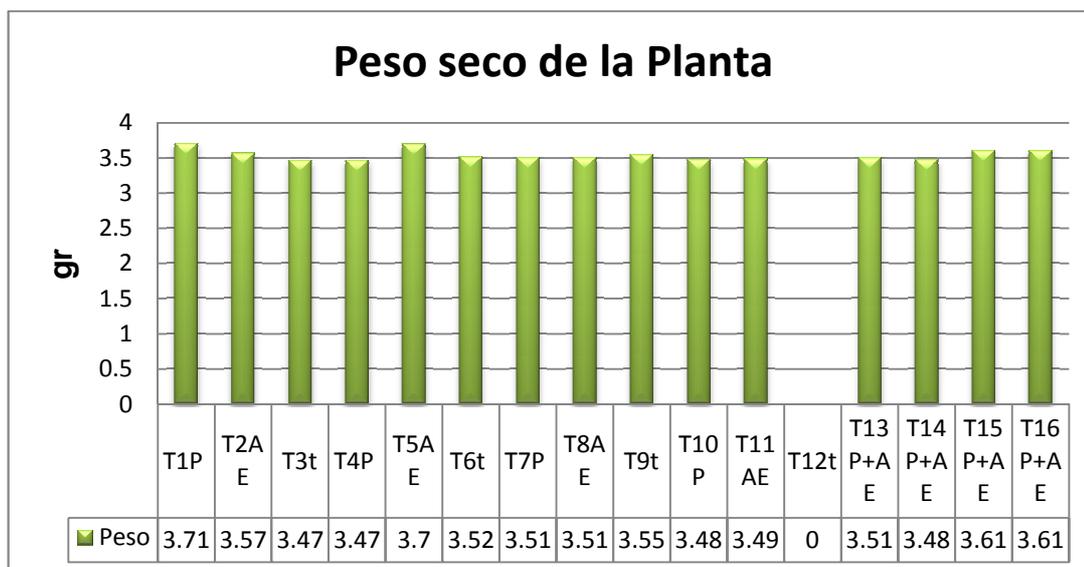


Figura 6. Comparación de medias en la diferencia de altura de dos muestreos (inicial y final) de la planta de frijol.

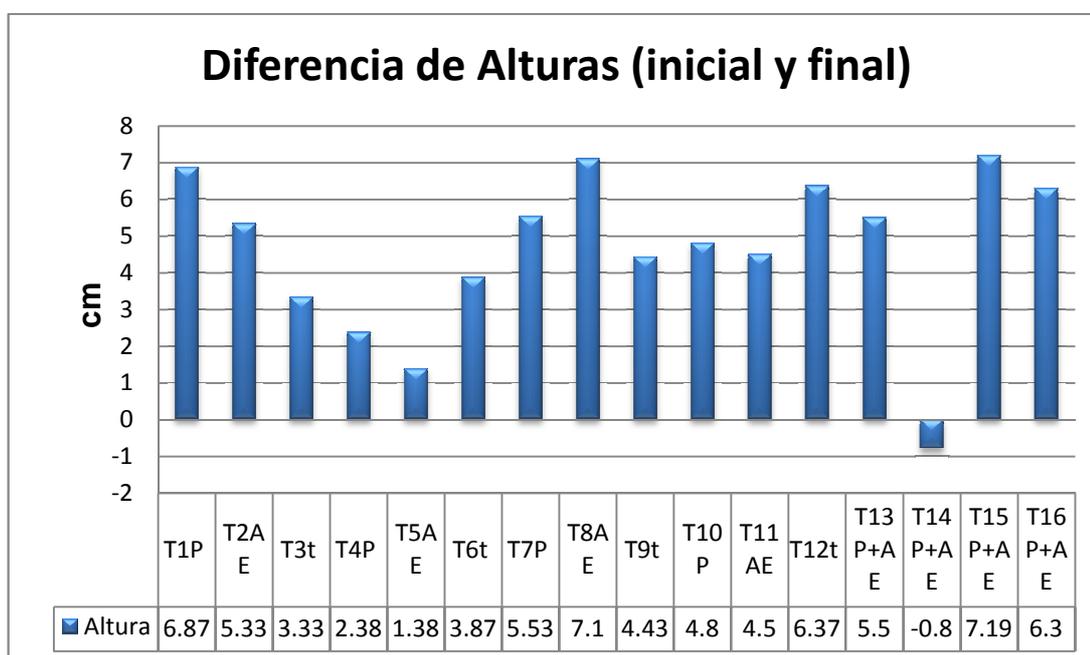


Figura 7. Comparación de medias de altura de la planta de frijol del segundo muestreo.

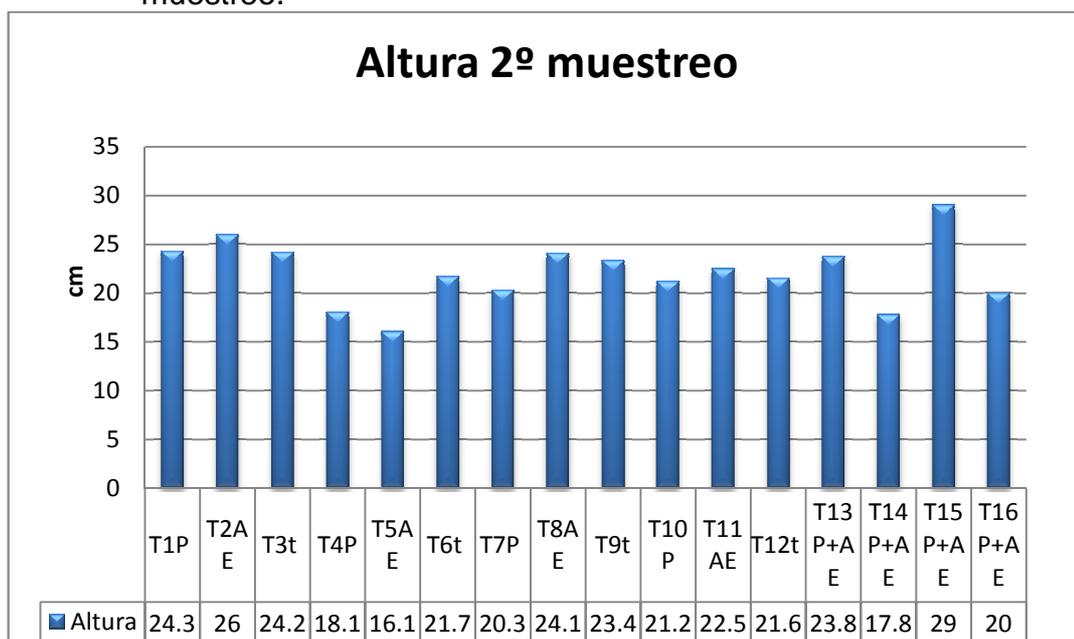


Figura 8. Altura de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el primer muestreo.



Tabla 9. Comparación de las medias del peso fresco en gr. de planta de frijol.

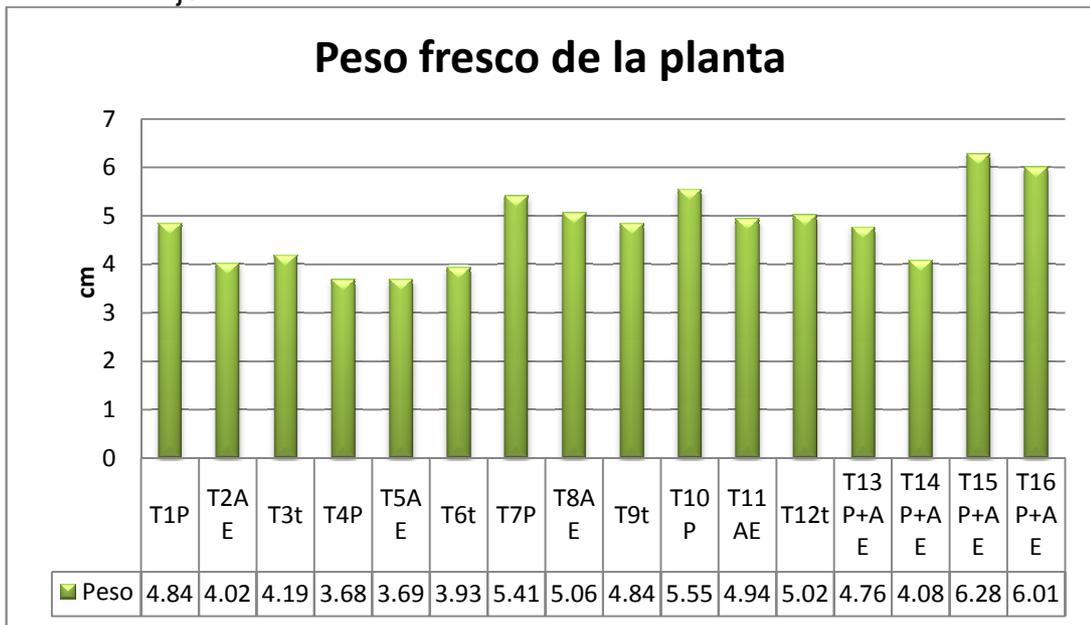


Tabla 10. Comparación de medias del peso fresco de la Raíz.

