

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Efecto del Ácido Salicílico en el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento de un Cultivo de Frijol Ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

**KAREN ANALCO CORTEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Efecto del Ácido Salicílico en el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento de un Cultivo de Frijol Ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) Bajo Condiciones de Invernadero

Por

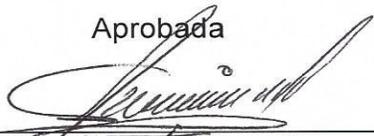
**KAREN ANALCO CORTEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

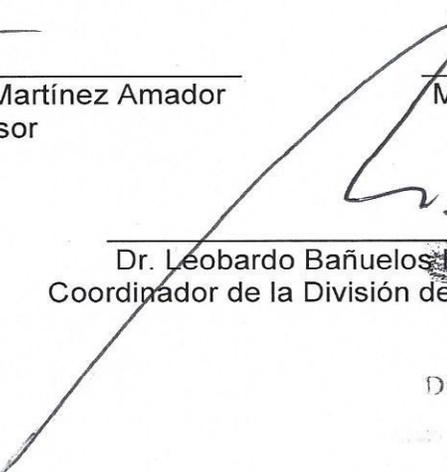
**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Aprobada

  
Dr. Manuel De La Rosa Ibarra  
Asesor Principal

  
Dra. Silvia Yudith Martínez Amador  
Coasesor

  
M.C. Martha Vázquez Rodríguez  
Coasesor

  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios** por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

**A mis padres** por darme todo su amor, por la confianza que depositaron en mí y por apoyarme en todo momento para que pudiera lograr una de mis más grandes metas, y este logro alcanzado es también de ustedes.

**A mi Hermano** por apoyarme siempre, darme ánimos para salir adelante y culminar con mi carrera profesional.

**Al Dr. Manuel de la Rosa Ibarra** gracias por haberme dado la oportunidad de ser su tesista, por todo el apoyo, la confianza y dedicación que me brindo durante la realización de este proyecto.

**A la Dra. Silvia Judith Martínez Amador** y a la **M.C. Martha Vázquez Rodríguez** por aceptar formar parte de mi jurado y por la disponibilidad de tiempo que siempre tuvieron para la revisión de este trabajo de investigación.

**A mi Alma Terra Mater** por darme las herramientas necesarias para mi formación académica y profesional, y por pasar los mejores momentos de mi vida durante cinco años.

## DEDICATORIA

### A Mis padres

**A mi madre Ma. Elena Cortes Peredo** por ser mi mejor amiga, por todo el amor, el apoyo incondicional, la comprensión y la confianza que desde pequeña me ha brindado, por guiar mi camino y estar junto a mí en todo momento, por tus esfuerzos y sacrificios que me han permitido crecer como persona y superarme cada día, sin duda eres mi ejemplo a seguir, sé que estas muy orgullosa de mi por este logro más en mi vida. Te amo con todo mi corazón mami.

**A mi padre Javier Analco Loeza** por ser mi mejor amigo, por estar con migo en los momentos más difíciles, dándome ánimos siempre para salir adelante. Gracias por todo el amor, la confianza, los consejos que desde niña me ha dado, por sembrar en mí tantos valores y principios y gracias a ello ahora soy una mujer de bien, sé que estas muy orgulloso por este logro más en mi vida. Te amo papi.

**A mi hermano Javier** por apoyarme siempre, por compartir conmigo alegrías, tristezas, enojos, llantos, que a pesar que desde pequeños peleábamos mucho siempre estuviste conmigo y sin duda aparte de ser mi hermano eres mi gran amigo, espero que te sientas muy orgulloso de mi. Te quiero mucho Hermanito.

**A mi sobrino Javier Emanuel** quien es el único y la alegría de la familia, y con quien siempre he compartido momentos maravillosos, espero que te sientas de orgulloso de tenerme como tía y sigas mi ejemplo de ser un profesionalista. Te quiero mucho.

**A mi cuñada Nachita** con quien en cada vacaciones compartí buenos momentos, dándome ánimos para seguir adelante.

**A mi abuelita María** quien siempre me ha dado todo su amor y apoyándome para salir adelante, mamaia espero y se sienta muy orgullosa de mí. Te quiero mucho.

**A mi novio Aquilino** gracias por darme tu amor, por estar conmigo en las buenas y en las malas, compartiendo tristezas, alegrías, enojos y llantos, por nunca dejarme sola y apoyarme siempre que has podido, pero sobre todo por aguantar mis berrinches. Te amo.

**A mis tíos y tías** con quienes siempre he compartido buenos momentos desde pequeña y que siempre han estado a mi lado, espero que se sientan muy orgullosos y orgullosas de mí.

**A mis amigos** Brenda, Eduardo, Jorge, Anahí, Henry, Gabi, Ángel, Elda, Nelly, Axel gracias por su apoyo, su compañía, sus buenos consejos, por estar con una palabra de aliento cuando más los he necesitado, con quienes compartí alegrías, tristezas, lágrimas y enojos. Los quiero mucho.

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVO GENERAL .....	3
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
3. HIPÓTESIS .....	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
4.1 Origen del frijol.....	4
4.2 Importancia socioeconómica del frijol .....	4
4.3 Superficie cultivada y rendimientos del frijol.....	5
4.4 Principales estados productores .....	5
4.5 Requerimientos del cultivo del frijol .....	6
4.5.1 Clima.....	6
4.5.2 Suelo .....	6
4.5.3 Fertilización .....	7
4.5.4 Control fitosanitario .....	7
4.6 Uso de fitorreguladores en la agricultura .....	16
4.6.1 Ácido giberélico .....	16
4.6.2 Citoquininas.....	18
4.6.3 Auxinas .....	19
4.6.4 Ácido salicílico .....	19
4.7 El ácido salicílico como regulador .....	20
4.7.1 Origen del ácido salicílico .....	21
4.7.2 Propiedades.....	21
4.7.3 Biosíntesis.....	22
4.7.4 Papel fisiológico del ácido salicílico en las plantas.....	23
4.7.5 El ácido salicílico y resistencia a patógenos .....	25
4.7.6 El ácido salicílico y resistencia al estrés.....	27
4.8 Análisis de crecimiento .....	27
4.8.1 Tasa de crecimiento relativo .....	27
4.8.2 Tasa de asimilación neta .....	28
4.8.3 Relación de área foliar.....	29
4.8.4 Relación de peso foliar .....	29

4.8.5 Área foliar específica.....	30
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
6. RESULTADOS Y DISCUSION.....	36
6.1 Coeficientes de Partición de Biomasa.....	36
6.2 Índices de Crecimiento.....	41
6.2.1 Tasa de Crecimiento Relativo (TCR).....	41
6.2.2 Tasa de Asimilación Neta (TAN).....	42
6.2.3 Relación de Área Foliar (RAF).....	45
6.2.4 Relación de Peso Foliar (RPF).....	47
6.2.5 Área Foliar Específica (AFE).....	48
6.3 Vainas por Planta.....	50
6.4 Rendimiento.....	52
7. CONCLUSIÓN.....	54
8. LITERATURA CITADA.....	55

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Chicharrita del frijol.....	8
Figura 2. Mosquita blanca .....	9
Figura 3. Conchuela del frijol.....	10
Figura 4. Picudo del ejote.....	11
Figura 5. Botijon del frijol.....	12
Figura 6. Roya del frijol .....	14
Figura 7. Tizón común del frijol .....	15
Figura 8. Cenicilla del frijol .....	15
Figura 9. Antracnosis .....	17
Figura 10. Vías de biosíntesis de SA en las plantas. Isótopos alimentando experimentos sugieren que las plantas sintetizan SA de cinamato producido por PAL .....	25
Figura 11. Comportamiento de la variable Tasa de Crecimiento Relativo de un cultivo de frijol ejotero ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) tratados con diferentes concentraciones de ácido salicílico .....	42
Figura 12. Comportamiento de la variable Tasa de Asimilación Neta de un cultivo de frijol ejotero ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) tratados con diferentes concentraciones de ácido salicílico.....	45
Figura 13. Comportamiento de la variable Relación de Área Foliar de un cultivo de frijol ejotero ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) tratados con diferentes concentraciones de ácido salicílico.....	47

Figura 14. Comportamiento de la variable Relación de Peso Foliar de un cultivo de frijol ejotero ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) tratados con diferentes concentraciones de ácido salicílico.....	49
Figura 15. Comportamiento de la variable Área Foliar Especifica de un cultivo de frijol ejotero ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) tratados con diferentes concentraciones de ácido salicílico.....	51
Figura 16. Comportamiento de la variable Número de vainas por planta de un cultivo de frijol ejotero ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) tratados con diferentes concentraciones de ácido salicílico .....	52
Figura 17. Comportamiento de la variable Rendimiento (Ton/ha) de un cultivo de frijol ejotero ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) tratados con diferentes concentraciones de ácido salicílico.....	53

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Análisis de varianza y comparación de medias de Coeficientes de Partición de Biomasa en un cultivo de frijol ejotero ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con diferentes concentraciones de ácido salicílico.....	39
Cuadro 2: Análisis de varianza y comparación de medias de los índices de crecimiento en un cultivo de frijol ejotero ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con diferentes concentraciones de ácido salicílico.....	44
Cuadro 3: Análisis de varianza y comparación de medias de Vainas por planta y rendimiento en un cultivo de frijol ejotero ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con diferentes concentraciones de ácido salicílico.....	51

## RESUMEN

En el presente trabajo se determinó el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) con varias concentraciones de ácido salicílico. El trabajo se realizó en el invernadero de alta tecnología perteneciente al departamento de Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en saltillo, Coahuila, México. Se utilizó el diseño completamente al azar con 4 tratamientos (T1= $1 \times 10^{-6}$ M de AS, T2= $1 \times 10^{-8}$ M de AS, T3=  $1 \times 10^{-10}$ M de AS y T4=testigo), 4 repeticiones y se hicieron 6 muestreos. Se evaluaron los índices de crecimiento: Tasa de Crecimiento Relativo, Tasa de Asimilación Neta, Relación de Área Foliar, Relación de Peso Foliar y Área Foliar Específica y los Coeficientes de Partición de Biomasa. En la TCR y AFE los mejores resultados se obtuvieron al aplicar AS a concentraciones de  $1 \times 10^{-6}$ M de AS y  $1 \times 10^{-8}$ M de AS, en el Coeficiente de Partición de biomasa de vaina los mejores resultados se obtuvieron al aplicar concentraciones de  $1 \times 10^{-6}$ M de AS y  $1 \times 10^{-8}$ M de AS. Los resultados de este trabajo permiten concluir que el ácido salicílico incrementa el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo de frijol ejotero, bajo condiciones de invernadero.

**Palabras clave:** Fitorreguladores, Compuestos fenólicos, Índices de crecimiento.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las fitohormonas son sustancias orgánicas que producidas en una parte u órgano de la planta, se trasladan a otro y en muy bajas concentraciones inducen efectos fisiológicos definidos (Lallana y Lallana, 2001). Existen diversas hormonas vegetales que participan en los procesos fisiológicos de las plantas, como es el ácido salicílico que es un derivado fenólico, se encuentra en las plantas y aumenta la bioproductividad (Larqué-Saavedra y Martin-Mex, 2007). El ácido salicílico (SA) es un regulador del crecimiento vegetal endógeno, se ha encontrado que genera una amplia gama de respuestas metabólicas y fisiológicas en plantas con efectos en su crecimiento y desarrollo (Hayat *et al.*, 2010), también desempeña un papel importante en la respuesta de las plantas a estreses abióticos como la sequía, la toxicidad de metales pesados de refrigeración, el calor y estrés osmótico (Rivas-San Vicente y Plasencia, 2011).

El ácido salicílico participa en varios procesos de algunos cultivos como en el chile jalapeño var. Chichimeca en el cual provocó un aumento significativo en la producción de biomasa foliar, en raíz y frutos (Sánchez *et al.*, 2011). También Larqué-Saavedra *et al.*, (2010) demostraron que plántulas de tomate tratadas con ácido salicílico aumentaron significativamente el crecimiento, desarrollo de la raíz y el vástago. Por otro lado, López *et al.*, (1998) evaluaron tres variedades de trigo y obtuvieron los mejores rendimientos a concentraciones de  $1 \times 10^{-4}$  y  $1 \times 10^{-6}$  M. También Estrada *et al.*, (2012) demostraron que el ácido salicílico aumenta el desarrollo y rendimiento de lechuga a concentraciones de 0.01 mM. En el cultivo de frijol, concentraciones de 0.1–0.5 mM de ácido salicílico incrementaron la tolerancia

al calor, a las heladas y a la sequía aun cuando las aplicaciones se realizaron solamente a las semillas durante 24 h. (Senaratna *et al.*, 2000). Además el ácido salicílico aplicado a un cultivo de frijol a una concentración de 0.5 mM induce cierta tolerancia a los problemas de sequía (Sadeghipour y Aghaei, 2012).

El frijol ejotero es uno de los cultivos de importancia mundial por su alto consumo, y representa para la economía de los productores una fuente importante de ocupación e ingresos, sin embargo la mayor superficie cultivada del frijol ejotero, se lleva a cabo en condiciones de temporal, donde la falta de agua afecta significativamente el crecimiento, desarrollo y rendimiento de dicho cultivo.

Se ha comprobado que el ácido salicílico es una buena alternativa para utilizarse en la producción de frijol ejotero, ya que esta fitohormona podría atenuar en parte el problema ocasionado por la sequía, y también incrementar su crecimiento y desarrollo, y de esta manera los productores que cultivan bajo condiciones de temporal saldrían beneficiados en cuanto a obtener mayores rendimientos y por lo tanto mayor ingreso económico.

## **2. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto del ácido salicílico el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de invernadero.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar la dosis óptima de ácido salicílico que genere el mayor rendimiento en frijol ejotero para obtener mayor rentabilidad.

Determinar la dosis óptima de ácido salicílico para inducir el óptimo crecimiento y desarrollo en un cultivo de frijol ejotero.

Evaluar el efecto del ácido salicílico en plantas de frijol ejotero para obtener la mayor cantidad de biomasa nueva producida.

## **3. HIPÓTESIS**

Al menos una de las concentraciones de ácido salicílico utilizadas en esta investigación mejorará el crecimiento, desarrollo y rendimiento en un cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de invernadero.

## **4. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1 Origen del frijol**

El conjunto de conocimientos recabados hasta hoy, como la edad de los restos fósiles y las características morfológicas, agronómicas y genéticas, establecen que el frijol común se originó en Mesoamérica y posteriormente se domesticó entre los 5000 y 2000 años A. C. en dos sitios del continente Americano: Mesoamérica (México y Centroamérica) y los Andes (Sudamérica). A partir del frijol silvestre se formaron dos acervos genéticos domesticados distintos, Mesoamericano y Andino. El uso de nuevas herramientas biotecnológicas y genómicas han ofrecido evidencias definitivas sobre el origen, domesticación y diversidad de *Phaseolus vulgaris* (Hernández-López *et al.*, 2013).

### **4.2 Importancia socioeconómica del frijol**

El frijol que se produce y consume en México, proviene en gran parte de genotipos nativos o criollos, y en menor nivel de variedades mejoradas, las cuales presentan ventajas agronómicas y también de calidad. En ambos casos, pero particularmente en los genotipos nativos, cuya siembra tradicionalmente es para autoconsumo, es común, además de la producción de grano seco, aprovechar el cultivo para obtener vainas tiernas o ejotes. El frijol ocupa el segundo lugar en importancia nacional después del maíz (Sangerman-Jarquín *et al.*, 2010), es importante en la economía agrícola del país tanto por la superficie que se le destina, como por la derrama económica que genera (COVECA, 2011).

### **4.3 Superficie cultivada y rendimientos del frijol**

El frijol se cultiva en todas las regiones agrícolas y todos los climas del país, en algunas zonas se puede encontrar en pequeñas superficies; sin embargo, destacan las regiones templadas-semiáridas y la cálida con invierno seco, tanto por la superficie sembrada como por el volumen de producción; 87.2% se siembra durante el ciclo primavera-verano (temporal), mientras que 12.8% corresponde al ciclo otoño-invierno (riego) (INEGI, 2013). En el 2012 los rendimientos de frijol a nivel nacional en la modalidad de temporal en los últimos años son del orden del  $0.55 \text{ t/ha}^{-1}$ , y en la modalidad de riego son de  $1.61 \text{ t/ha}^{-1}$  (SIAP-SAGARPA, 2012).

### **4.4 Principales estados productores**

El estado de Zacatecas tiene la mayor extensión de hectáreas dedicadas a la siembra de frijol en temporal, al respecto se reportó una extensión de 504,786.00 ha, lo cual representa el 31.04% de la superficie nacional sembrada para frijol. Le siguieron los estados de Durango (reportó una superficie sembrada dedicada a frijol de 224,548.43 ha, equivalentes al 13.81% de la superficie nacional dedicada al cultivo en cuestión); San Luis Potosí (dicha entidad sembró una extensión de 120,236.75 ha, lo cual representó el 7.39% de la superficie sembrada a nivel nacional); Chiapas (dedicó 118,471.60 ha para el cultivo de frijol, lo cual representó una aportación a la superficie nacional del 7.29%), finalmente en Chihuahua se reportó una superficie sembrada de frijol de 102,751.36 ha, lo cual representó el 6.32% del nacional. Estos cinco estados concentraron 1,070,794.14 ha sembradas

del cultivo de frijol en México, lo cual representa el 65.85% del total nacional (SIAP, 2008).

## **4.5 Requerimientos del cultivo del frijol**

### **4.5.1 Clima**

La planta de frijol se desarrolla bien entre temperaturas promedio de 15 °C a 27 °C las que generalmente predominan a elevaciones de 400 a 1,200 msnm pero es importante reconocer que existe un gran rango de tolerancia entre diferentes variedades (CENTA, 2008), más sin embargo también puede desarrollarse en zonas de clima medio y frio moderado (1500-2300 msnm) y humedad relativa baja (60-70%) (Vallejo y Estrada, 2004). El ciclo vegetativo se alarga conforme se reduce la temperatura, y las temperaturas aceleran los procesos fisiológicos del frijol. Temperaturas extremas provocan el vaneo del frijol, al afectar la viabilidad del polen, aborto de flores y vainas, y reducción del tamaño de la semilla (Hernández, 2009).

### **4.5.2 Suelo**

El frijol requiere suelos fértiles, ligeros y bien drenados, como son los arenoso-arcillosos. En suelos arcillosos se retienen humedad por bastante tiempo, el frijol no prospera debido a que las raíces se pudren y por consiguiente las plantas se secan (IICA, 1976). El frijol se adapta a diferentes a condiciones de suelo , con buenas propiedades físicas, PH entre 5.5 a 6.5 topografía plana u ondulada y buen drenaje , algunas de las prácticas en la siembra de frijol, que pueden contribuir a la conservación de los suelos o a mejorar su calidad son: rotación de cultivos, asociaciones y policultivos, cultivos en granjas, cultivos de cobertura, algo que puede

lograrse con un manejo adecuado de las malezas que comúnmente conviven con el frijol, incorporación de abonos verdes, incorporación de abonos orgánicos, uso de biofertilizantes o fertilización microbiana (Ríos *et al.*, 2003).

#### **4.5.3 Fertilización**

En todas las regiones donde se cultiva frijol el contenido de nitrógeno en el suelo es bajo, por fortuna el frijol forma una simbiosis con las bacterias fijadoras de nitrógeno, pero aun así es necesario proporcionarle a las plantas nitrógeno, fósforo y potasio. Es recomendable aplicar en banda a chorrillo y a un costado del surco la mezcla de 110 kg de Urea, 90 kg de superfosfato triple, se pueden aplicar 250 kg de sulfato de amonio, 200 kg de superfosfato simple y 50 kg de cloruro de potasio mezclados. Es conveniente realizar la mezcla el mismo día en que se fertilice pero si se hace antes, el fertilizante se humedece y se escurre formando lodo. Conviene hacer las aplicaciones de 6 a 10 de la mañana y de 17 a 19 horas para un mejor aprovechamiento del fertilizante (Reza y Acosta, 2005).

#### **4.5.4 Control fitosanitario**

##### **4.5.4.1 Plagas**

Chicharrita. El insecto se alimenta de la savia de la planta, causa el enchinamiento de las hojas con clorosis y necrosis, que aparecen en forma de puntos amarillos y en ocasiones cubren toda la hoja. Como consecuencia del ataque se reduce el crecimiento de las plantas. Las flores caen y no existe una adecuada formación de frutos, disminuyendo el número de vainas por planta y semillas por vaina. El daño

más grave se presenta dos semanas antes de la floración y de la floración ha llenado de vainas (Osuna *et al.*, 2011).

Existen especies de avispas que parasitan los huevos (*Anagrus* sp.) y son depredadores. Para el control químico con alta incidencia, utilizar insecticidas como Acefate PS 75 aplicar de 0.75-1 kg/ha., Diazinon CE 25 aplicar 1.0-1.5 L/ha., y Cipermetina CE 21 aplicar 0.25 l/ha (Osuna *et al.*, 2011).



Figura 1. Chicharrita del frijol (Tomada de Osuna *et al.*, 2011)

Mosquita blanca: Las ninfas se alimentan chupando la savia de las plantas. Las hojas afectadas presentan manchas amarillentas dispersas y se arrugan o encrespan. En caso de poblaciones altas, hay un amarillamiento general del follaje. Al alimentarse secretan una miel pegajosa que cubre las hojas y flores. En esta miel crece un hongo de color negro llamada fumagina. Las plantas dejan de crecer y pierden vigor y producen muy poco (IICA, 2010).

Control: Un día antes de la siembra, trate la semilla con el insecticida sistémico Gaucho (imidacloprid) en dosis de 6 cc por cada kilogramo de semilla. De esta forma se controla bien la mosca blanca durante los primeros 25 días del cultivo. 25 días después de la siembra, cuando ha terminado el efecto residual del insecticida sistémico aplicado a la semilla, determinar la necesidad de hacer la primera aplicación foliar con base en el umbral de acción (Cardona *et al.*, 2005).

Conchuela del frijol: Tanto las larvas como los adultos se alimentan por el envés de las hojas, dejando sin daño sólo las nervaduras y parte de la epidermis, que se secan y se tornan café, dándole un aspecto característico de “descarnado”.



Figura 2. Mosquita blanca (Tomada de IICA, 2010)

Cuando las poblaciones de esta plaga son abundantes, llegan a atacar las vainas y los tallos, destruyendo por completo a la planta. La etapa más crítica de daño es durante la floración y en la formación y llenado de vainas (Osuna *et al.*, 2011)

Control: Para eliminar las larvas y adultos de la conchuela del frijol se pueden utilizar los insecticidas acefato, azinfos metílico, cipermetrina, deltametrina, dimetoato, endosulfán, fenvalerato, metomilo, malatión y triclorfón. A medida que tiene más follaje la planta de frijol, es más ineficiente la aplicación de insecticidas, debido a que los productos tienen que entrar en contacto con el insecto, y éste normalmente se encuentra en el envés de las hojas, y una aplicación con aspersora de aguilón normalmente coloca la mayor parte del producto sobre el haz de las hojas en el tercio superior del follaje de la planta (Mena y Velásquez, 2010).



Figura 3. Conchuela del frijol (tomada de Osuna *et al.*, 2011)

Picudo del ejote: Las larvas se alimentan y destruyen las semillas en desarrollo. Las vainas afectadas a menudo tienen apariencia flácida torcida (Saunders *et al.*, 1998). El control con depredadores y parásitos no es eficiente. Los hongos entomopatógenos *Metharrizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* han mostrado

mayor efectividad. También aplicar insecticidas de contacto en todo el follaje, con atomización muy fina (IICA, 2010).

Botijon del frijol: La chinche de frijol en estado adulto atacan vorazmente flores, hojas tiernas y vainas recién formadas del frijol. Generalmente esta plaga ataca en enjambre y son migratorias, es decir que un día pueden atacar una plantación y luego volar a otra para alimentarse (Chinchilla, 1998).

Control: para controlar esta plaga se recomienda aplicar Carbario PH 80, 0.75 kg/ ha. Generalmente esta plaga se presenta junto con algunas de las plagas anteriores (Martínez *et al.*, 2008).



Figura 4. Picudo del ejote (Osuna *et al.*, 2011)

#### 4.5.4.2 Enfermedades

La roya del frijol: enfermedad causada por *Uromyces phaseoli*. Inicialmente los síntomas se presentan como manchas cloróticas o blancas en el haz o el envés de las hojas, las cuales posteriormente se desarrollan pústulas o uredos color café, rojizo (Schawartz, 1982).



Figura 5. Botijon del frijol (tomada de Osuna *et al.*, 2011)

Control: mediante la aspersion de fungicidas no es muy recomendable debido al alto costo de los productos, sin embargo cuando el ataque llega a ser muy severo se recomienda aplicar hidróxido de cobre u oxiclóruo de cobre a una dosis de 5 gr/L de agua o bien clorotalonil (Daconil 720) a dosis de 3 gr/L en rotación con Plantvax a dosis de 2 gr/L de agua utilizando siempre un adherente y tratando de que la boquilla esté colocada de tal forma que cubra el envés de las hojas. Las aplicaciones deben realizarse de manera preventiva. La primera aspersion debe realizarse cuando la

planta tenga 10-12 días de edad repitiendo cada 10 días rotando los productos antes citados (INIFAP, 2002).

Tizón común del frijol: Es incitado por la bacteria *Xanthomonas phaseoli*. Los síntomas son lesiones primeramente pequeñas de consistencia acuosa y de color verde pálido. Más tarde estas lesiones se desarrollan irregularmente tornándose color café y delimitadas por un halo angosto color amarillo, manchas similares se producen en las vainas atacadas. Los granos dentro de la vaina no desarrollan. Ataque severos pueden producir defoliación total de las plantas y afectar los tallos en forma de lesiones a lo largo de estos (IICA, 1963).

Control: para reducir la contaminación bacteriana de la cubierta de la semilla se pueden utilizar antibióticos como la estreptomocina aplicada a la semilla previamente a la siembra. Se debe considerar cuidadosamente el uso de bactericidas a base de cobre desde poco antes y durante la floración (Mena y Velásquez, 2010).

Cenicilla del frijol: Causado por el hongo *Eryshipe polygoni*. Se caracteriza por un polvillo blanco sobre las hojas, tallos y vainas. Cuando se infectan los tallos y las vainas, hay pérdidas en rendimientos y la semilla puede transmitir la enfermedad (Arias y Guzmán, 2001).

Control: para su manejo y control se debe realizar al observar los primeros síntomas de daño con productos a base de azufre como el Elosal SC (1.5-3.0 cc/l). El fungicida Benlate 50 WP (0.5 g/l) también ofrece un buen control de esta enfermedad (Tamayo, 1995).

Antracnosis. Las primeras lesiones se ubican en el envés de las hojas como manchas lineales o cánceres hundidos de color rojo ladrillo sobre las venas de las hojas. En las vainas, las lesiones se presentan como cánceres hundidos rodeados por un anillo negro que a su vez es rodeado de una franja café rojizo y en ocasiones se observa un crecimiento algodonoso café claro en el centro de las lesiones (Osuna *et al.*, 2011).



Figura 6. Roya del frijol (tomada de Osuna *et al.*, 2011)

Control: Se sugiere la aplicación de productos cúpricos como el hidróxido de cobre, oxiclورو de cobre o bien sulfato tribásico de cobre a una dosis de 4 gr/L o bien Mancozeb y Zineb (carbamatos) a una dosis de 4 gr/L en rotación.

Las aplicaciones deben realizarse en forma preventiva iniciando 15 días después de



Figura 7. Tizón común del frijol (Tomada de Araya y Hernández, 2006)



Figura 8. Cenicilla el frijol (Tomada de Osuna *et al.*, 2011)

la germinación de la semilla antes de la floración y repetir semanalmente las aspersiones utilizando gota fina para mejor adsorción del producto (INIFAP, 2002).

#### **4.6 Uso de fitorreguladores en la agricultura**

Las hormonas son compuestos reguladores que actúan en muy bajas concentraciones en sitios a menudo distantes desde donde son producidas, cada hormona vegetal desempeña múltiples funciones de regulación que afectan varios procesos diferentes del desarrollo de la planta (Raven, *et al.*, 1992).

El término hormona fue acuñado por investigadores que se dedicaban a la fisiología animal y se refiere a sustancias orgánicas que se producen en un tejido determinado y que se transportan a otro tejido donde su presencia provoca ciertas respuestas fisiológicas (Sadava, 2009). Las hormonas vegetales regulan el crecimiento y desarrollo de plantas al afectar a una gran variedad de procesos celulares, fisiológicos y de desarrollo, incluyendo, pero no limitados a, la división celular y el alargamiento, la regulación estomática, la fotosíntesis, la transpiración, la absorción de iones y el transporte, la iniciación de la hoja, flor y desarrollo de los frutos y senescencia (Ashraf *et al.*, 2010).

##### **4.6.1 Ácido giberélico**

Para entender el papel de los compuestos, se estudiaron los efectos de GA<sub>3</sub> en el crecimiento vegetativo de la soja. El tratamiento de semillas disminuyó la emergencia de la planta y el crecimiento inicial de la raíz de soja, pero conforme avanzó la temporada, las diferencias en el crecimiento de raíces desapareció; las plantas fueron más cortas y presentó una disminución en el número de nodos,



Figura 9. Antracnosis (tomada de Osuna *et al.*, 2011)

en el diámetro del tronco, en el área de la hoja y en el rendimiento de materia seca.

La aplicación foliar de  $AG_3$  condujo a un aumento de la altura de la planta, primera altura nodo y el diámetro del tallo. El área foliar y la producción de materia seca también aumentaron como resultado de la aplicación foliar de  $GA_3$ . (Maximino *et al.*, 2003).

Por otro lado se estudió el efecto de la interacción del ácido giberélico y nitrógeno en el crecimiento de tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de invernadero. Las aplicaciones de ácido giberélico ocasionaron un aumento significativo de aproximadamente el 20 % en el peso seco total de las hojas, el

alargamiento del tallo, altamente significativo, la reducción del peso seco del sistema radical, además incremento significativamente la relación partes aéreas/raíces y el número de hojas, también elevó el rendimiento con la aplicación de esta hormona vegetal (Rulfo y Miranda, 1972).

Se encontró que el ácido giberélico ( $GA_3$ ), aplicado como una dispersión acuosa en la lanolina a los tocones de tallos decapitados de plantas de *Phaseolus vulgaris* L., para promover la transferencia de  $^{14}C$  y asimilados marcadas con  $^{32}P$  al sitio de aplicación de la hormona. El tiempo entre la aplicación de  $GA_3$  y la detección de un flujo de transporte mejorada era independiente de la longitud de la vía de transporte.

En general, la evidencia obtenida indica que  $GA_3$  no actuaba en cualquier proceso de transferencia de mando a distancia de su punto de aplicación de la hormona. (Mulligan y Patrick, 1979).

#### **4.6.2 Citoquininas**

Runeckles y Resh (1975) estudiaron los efectos de la exposición diaria a las 0.05 o 0.10  $l\ l^{-1}$  de ozono en hojas primarias de frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) al aplicar citoquininas. En los resultados se encontró que las citoquininas retardan la senescencia y de ese modo modifican la respuesta de ozono de los tejidos tratados, pero al parecer ofrecen poca protección para el crecimiento del resto de la planta contra cualquiera de dosificación de ozono.

### **4.6.3 Auxinas**

Al estudiar el efecto de la auxina y calcio, antagonistas de diferenciación de elementos traqueales en *Phaseolus vulgaris* L., se encontró que la auxina indujo la formación de elementos traqueales en plántulas de frijol cuando se aplicó durante 24 h a una fuente en el hipocotilo (Soumelidou *et al.*, 1994). Por otro lado García *et al.*, (2006) al evaluar la Influencia de reguladores del crecimiento en la formación de callos de *Phaseolus vulgaris* L var. CIAP 7247, encontraron que al aplicar auxinas se obtuvieron altos porcentajes de formación de callos pero no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

### **4.6.4 Ácido salicílico**

Se estudió el efecto SA y de cloruro de sodio (NaCl) en el crecimiento, se estudió la acumulación de metabolito, el estrés oxidativo y las respuestas antioxidantes enzimáticas y no enzimáticas en las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*, cv. F- 15). Los tratamientos SA disminuyeron el contenido de prolina, y la reducción de las formas de ascorbato y el glutatión, sin embargo, el contenido de azúcares solubles (TSS), sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) y ascorbato oxidada no se vio afectado. La aplicación de SA mejoró la respuesta de las plantas de frijol a la salinidad mediante el aumento de peso seco de la planta y la disminución del contenido de solutos orgánicos (prolina y TSS) y daños a la membrana (TBARS) (Palma *et al.*, 2009). En plantas de frijol, los tratamientos en semillas con SA mejoraron significativamente el porcentaje de germinación, tasa de germinación y los criterios de plántulas, en comparación con las semillas de control bajo condiciones de

estrés por temperatura óptima y baja. Los resultados indicaron que, ácido salicílico estimula diversos aspectos de crecimiento de plántulas de frijol quizás a través de la interferencia con las actividades enzimáticas responsables de la biosíntesis y / o catabolismo de la promoción del crecimiento y sustancias inhibidoras. Por lo tanto, puede concluir que, SA podría eliminar los efectos negativos de estrés por frío en frijol común (Gharib y Hegazi, 2010). Se estudió el efecto del ácido salicílico y cloruro de sodio en el crecimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Los resultados mostraron que la salinidad causó una reducción significativa en el peso fresco y seco de raíz y brote , el contenido relativo de clorofila , porcentaje de contenido relativo de agua ( RWC ) de la hoja , índice de estrés y un aumento significativo en azúcares solubles y prolina en comparación con el tratamiento de control. Se concluyó que la pulverización de ácido salicílico en plantas de frijol podría mejorar el crecimiento y por lo tanto la resistencia a la salinidad bajo condiciones salinas (Khoshbakht *et al.*, 2012).

#### **4.7 El ácido salicílico como regulador**

El ácido salicílico es una fitohormona bien conocido, emergiendo recientemente como un nuevo paradigma de una serie de manifestaciones de reguladores de crecimiento. El área que abarca el sector de la agricultura aplicada a encontrar los papeles para fortalecer los cultivos contra la gran cantidad de estrés abiótico y biótico (Hayat *et al.*, 2012).

#### **4.7.1 Origen del ácido salicílico**

Los primeros informes clínicos sobre el tratamiento de la fiebre y el dolor con remedios que contienen salicilato de corteza de sauce natural, fueron compuestos por el clérigo Inglés Edward Stone en 1763 (Hedner y Everts, 1998).

El nombre SA, de la palabra latina *Salix* para el árbol de sauce, se le dio a este ingrediente activo de la corteza del sauce por Raffaele Piria en 1838. La primera producción comercial del ácido salicílico sintético comenzó en Alemania en 1874. La aspirina, el nombre comercial del ácido acetilsalicílico, fue presentado por la empresa Bayer en 1898 y rápidamente se convirtió en uno de los medicamentos más vendidos del mundo (Raskin, 1992).

#### **4.7.2 Propiedades**

La aspirina, el nombre comercial del ácido acetilsalicílico (AAS), se somete a hidrólisis espontánea de SA que aplicada exógenamente se convierte rápidamente en SA a pesar del hecho de que la aspirina no fue identificado como un producto natural, que es ampliamente utilizado por muchos científicos de plantas en sus experimentos. La razón es la similitud en sus efectos fisiológicos. Los fenólicos suelen definirse como sustancias que poseen un anillo aromático cojinete un grupo hidroxilo o su derivado funcional. SA es un polvo cristalino que se funde a 157-159 °C. Es moderadamente soluble en agua y muy soluble en disolventes orgánicos polares. El pH de la SA acuosa saturada es de 2,4; pKa SA es 2,98, log Kow = 2,26. El SA podría ser transportado activamente, metabolizado o conjugado y también

podría trasladar rápidamente desde el punto de aplicación inicial a diferentes tejidos de la planta (Popova *et al.*, 1997).

#### **4.7.3 Biosíntesis**

El ácido salicílico (SA) es un derivado fenólico, distribuido en una amplia gama de especies de plantas. Es un producto natural del metabolismo de fenilpropanoides. La descarboxilación de ácido trans cinámico a ácido benzoico y sus resultados 2-hidroxilación posteriores a SA (Hayat y Ahmad, 2007).

El ácido salicílico (SA) es una molécula de señal importante en las plantas. Dos vías de la biosíntesis de SA se han propuesto en las plantas. Los estudios bioquímicos que utilizan la alimentación de isótopos han sugerido que las plantas sintetizan SA de cinamato producido por la actividad de la fenilalanina amonio liasa (PAL).

El silenciamiento de genes PAL en el tabaco o químicos inhiben la actividad PAL en *Arabidopsis*, pepino. Los estudios genéticos, por otro lado, indican que la mayor parte de la SA se produce a partir de isocorismato. En las bacterias, SA se sintetiza a partir corismato a través de dos reacciones catalizadas por la sintasa isocorismato (ICS) y piruvato liasa isocorismato (IPL) *Arabidopsis* contiene dos genes de partida de la ICS, pero no tiene las proteínas de codificación de genes similares a la IPL bacteriana. Las vías y la regulación de la biosíntesis de SA en las plantas puede ser más complicado de lo que se pensaba anteriormente (Chen *et al.*, 2009).

#### **4.7.4 Papel fisiológico del ácido salicílico en las plantas**

En los últimos años el ácido salicílico (SA) ha sido el foco de la investigación intensiva debido a su función como una señal endógena de la mediación de las respuestas de defensa de las plantas locales y sistémicas frente a los patógenos. También se ha encontrado que SA juega un papel durante la respuesta de las plantas al estrés abiótico, tales como sequía, la refrigeración, la toxicidad de metales pesados , el calor, y el estrés osmótico. El descubrimiento de sus objetivos y la comprensión de sus modos de acción molecular en los procesos fisiológicos podrían ayudar en la disección de la compleja red de señalización de SA, confirmando su papel importante tanto en la salud de las plantas y las enfermedades. (Rivas-San Vicente y Plascencia, 2011).

La aplicación exógena de SA podría proporcionar protección contra varios tipos de estrés, tales como alta o baja temperatura, metales pesados y así sucesivamente. Aunque el AS también puede causar estrés oxidativo en plantas, parcialmente a través de la acumulación de peróxido de hidrógeno, los resultados publicados hasta el momento muestran que el tratamiento preliminar de las plantas con bajas concentraciones de AS podría tener un efecto similar a la aclimatación, causando una mayor tolerancia hacia la mayoría de los tipos de estrés abiótico, debido principalmente a una mayor capacidad antioxidante. El efecto del ácido salicílico exógeno depende de numerosos factores tales como la etapa fenológica de las especies y de desarrollo de la planta, el modo de aplicación, y la concentración de SA y de su nivel endógeno de la planta dada (Horváth *et al.*, 2007).

El ácido salicílico es un regulador de crecimiento de la planta que aumenta bioproductividad planta. Los experimentos llevados a cabo con plantas ornamentales u hortícolas en invernadero o al aire libre han demostrado claramente que responden a este compuesto. Por otra parte, se necesitan menores cantidades de SA para establecer las respuestas positivas en las plantas. El efecto sobre las plantas ornamentales se expresa como el aumento de tamaño de la planta, el número de flores, área foliar y la aparición temprana de flores. En las especies hortícolas, el efecto reportado es el aumento de rendimiento sin afectar a la calidad de los frutos. Se propone que el incremento en bioproductividad se debe principalmente al efecto positivo de la SA en la longitud de la raíz y su densidad (Larqué- Saavedra y Martín-Mex, 2007).

Generalmente la deficiencia o de un nivel muy alto de SA aumentan la susceptibilidad de plantas al estrés abiótico. Los niveles óptimos para la gama más alta tolerancia al estrés de 0,1 a 0,5 mM para la mayoría de las plantas. Sin embargo, el papel de SA a un cierto nivel en moderada y grave estrés abiótico puede ser diferente (Yuan y Lin ,2007). El SA juega un papel esencial en la prevención de daño oxidativo en las plantas por desintoxicar los radicales superóxido, producidos como resultado de la salinidad. Una revisión se puso de relieve la aplicación exógena de las concentraciones más bajas de ácido salicílico ha demostrado ser beneficioso en la mejora del crecimiento de la fotosíntesis y varias otras características fisiológicas y bioquímicas de las plantas. En base a la morfología de las plantas y de investigación parámetros se concluyó que la planta tolerante SA, hizo una respuesta más rápida al estrés abiótico (Joseph y Sujatha, 2010).

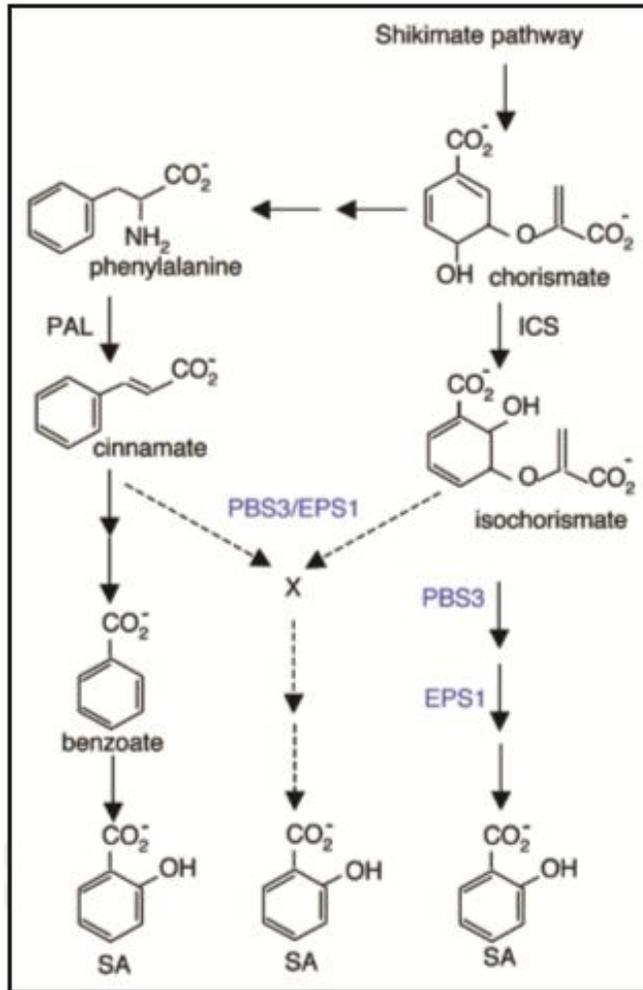


Figura 10. Vías de biosíntesis de SA en las plantas. Isótopos alimentando experimentos sugieren que las plantas sintetizan SA de cinamato producido por PAL (Tomado de Chen *et al.*, 2009).

#### 4.7.5 El ácido salicílico y resistencia a patógenos

El ácido salicílico es el sistema de resistencia adquirida a fitopatógenos y la muerte celular hipersensible de las células infectadas. Se demostró que en las plantas enfermas el ácido salicílico induce respuesta protectora, causada por el aumento del nivel de múltiples especies locales reactivas del oxígeno con la participación del oxalato oxidasa y también lignificación de la zona de penetración de patógenos mediante la participación de peroxidasa. La localización de estallido oxidativo conduce a la muerte del patógeno y el aislamiento de los tejidos infectados de

acogida que se proporcionaron con especificidad de quitina de estas enzimas.( Maksimov, y Yarullina, 2007).

Transgénicos de tabaco y *Arabidopsis italiana* que expresa la enzima salicilato hidroxilasa bacteriana no pueden acumular ácido salicílico (SA). Este defecto no sólo hace que las plantas sean incapaz de inducir resistencia sistémica adquirida, sino que también conduce a una mayor susceptibilidad a los patógenos virales, fúngicas y bacterianas. El aumento de la susceptibilidad se extiende incluso a las combinaciones huésped-patógeno que normalmente resultar en resistencia genética, por lo tanto, la acumulación de SA es esencial para la expresión de múltiples modos de resistencia a enfermedades de las plantas (Delaney *et al.*, 1994).

Debido a que el SA se encuentra en el floema exudado de pepino y plantas de tabaco infectado, se ha propuesto como un candidato para la translocación de señales. Para determinar si la señal de SA es móvil, los experimentos de injerto se realizaron con plantas transgénicas que expresan una enzima bacteriana degradantes de AS. Se demuestra que los transgénicos de portainjertos de tabaco, aunque incapaz de acumular SA, eran plenamente capaces de proporcionar una señal que hace que los vástagos no transgénicos sean resistentes a la infección adicional de patógeno. Este resultado indicó que la señal de translocación, inductor de SAR no es SA. Injertos demostraron que la señal requiere la presencia de SA en los tejidos distantes del sitio de la infección para inducir resistencia sistémica (Vernooij *et al.*, 1994).

#### **4.7.6 El ácido salicílico y resistencia al estrés**

Se ha propuesto que el ácido salicílico (SA) actúa como una molécula de señal endógena responsable de la inducción de la tolerancia al estrés abiótico como estrés por salinidad en las plantas. Se estudió el efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico (SA) y 3 métodos de aplicación (suelo, foliar y cebado) en el diámetro del tallo, peso seco y rendimiento por planta, altura del tallo, número de vainas, número de semillas por vaina y peso de 100 semillas del frijol blanco (*Phaseolus vulgaris* L.). Los resultados mostraron que el efecto de las concentraciones y los métodos aplicados en las características de la altura del tallo, diámetro del tallo, número de vainas, semillas por vaina, rendimiento por planta, peso seco de la planta, cien pesos de la semilla fueron significativos. (Najafabadi *et al.*, 2013).

#### **4.8 Análisis de crecimiento**

El análisis de crecimiento es una técnica que consiste en medir a intervalos de tiempo el área foliar y el peso seco de las plantas y sus órganos, para luego proceder a realizar cálculos que posibiliten cuantificar el crecimiento total por órgano, la deficiencia del área foliar y la distribución de asimilados entre los distintos órganos de la planta (Herrera *et al.*, 2006).

##### **4.8.1 Tasa de crecimiento relativo**

Criollo y García (2009) demostraron que en plantas de rábano bajo condiciones de invernadero, durante sus primeros estadios, el crecimiento suele tener una dinámica exponencial y suele reflejar diferencias significativas entre especies o manejo agronómico diferente. En la primera lectura se observa en todos los tratamientos

una gran eficiencia en la conversión de peso seco por unidad de peso, debido posiblemente a la mayor relación que se presenta entre el AF y el peso de las hojas en las primeras fases del crecimiento y a que los tejidos jóvenes poseen mayor actividad biológica y capacidad de síntesis.

Gil y Miranda,( 2007) al evaluar los índices de crecimiento en plantas de papaya con dos tipos de sustratos bajo invernadero se encontró que se observó que la turba fue el sustrato más adecuado, pues en él, las plantas presentaron los valores más altos de TCR al final del ciclo de evaluación. Salinas (2010) encontró que en un cultivo de frijol ejotero la mayor TCR se encontró entre los 60 y 90 dds.

Por otro lado Apáez-Barrios *et al.*, (2011) encontraron que en el clima cálido el frijol chino con espaldera convencional los valores más altos de TCR se presentaron de la emergencia hasta los 29 días después de la siembra, y tendieron a disminuir a la madurez fisiológica

#### **4.8.2 Tasa de asimilación neta**

En un cultivo de girasol al evaluar el área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol se demostró que la tasa de asimilación neta media (TAN) mostró cambios debido al incremento en la densidad de población. La TAN más alta se registró entre 12 y 36 días (Aguilar-García, 2005).

Sin embargo Díaz-López *et al.*, (2013) al evaluar la tasa de asimilación neta encontraron que en maíz los valores mayores correspondieron con los 34 dds. Hernández *et al* (2012) encontraron que la mayor cantidad de  $\text{g.cm}^2.\text{dia}^{-1}$  en un cultivo de frijol va disminuyendo conforme va pasando el tiempo, donde la mayor

TAN se encontró al inicio del desarrollo y la menor al final del cultivo. Por otro lado Garduño-González *et al* (2009) no encontraron diferencias significativas en esta variable en el cultivo de frijol ejotero en unicultivo y asociado con girasol.

#### **4.8.3 Relación de área foliar**

Al evaluar el análisis de crecimiento en tres variedades de algodón se demostró que los valores más altos de RAF se registraron en las primeras fases de crecimiento de las plantas, y gradualmente disminuyeron conforme avanzó la edad del cultivo, encontrándose los valores más altos a los 69 dds. (Orozco–Vidal *et al.*, 2011) En un cultivo de chile los valores más altos se encontraron al inicio del ciclo del desarrollo de la planta (26 dds), luego empezó a decrecer en forma paulatina hasta el final el ciclo. (Azofeifa y Moreira, 2004). Boutraa (2009) no encontró diferencias de RAF al evaluar dos genotipos de frijol cultivados con baja disponibilidad de fosforo

#### **4.8.4 Relación de peso foliar**

Puntieri y Gómez (1988), evaluaron el crecimiento vegetativo en Amancay en dos poblaciones naturales, la proporción de biomasa foliar a biomasa total del vástago muestra una tendencia decreciente en los dos ambientes en toda la estación de crecimiento; durante ese lapso la RPF es mayor en el ambiente abierto. En el algodón, los valores RPF disminuyen conforme avanza la edad del cultivo I ya que en las primeras etapas de crecimiento las plantas intervienen la mayor parte de fotoasimilados en el establecimiento de su aparato foliar cantidad que va disminuyendo gradualmente a medida que la planta acumula una mayor cantidad de carbohidratos en otros órganos de la planta (Gaytán *et al.*, 2001). Maldonado y

Corchuelo (1993) encontraron que en dos variedades de frijol (Tundama y Cerinza) las evaluaciones iniciales de RPF presentaron un comportamiento decreciente, con valores similares para las dos variedades. Por otro lado Bahena *et al* (2008) no encontraron diferencias en la combinación de cuatro especies de frijol (testigo).

#### **4.8.5 Área foliar específica**

En un cultivo de lechuga se presentó una máxima AFE de  $497.55 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  al momento del trasplante, y una disminución progresiva hasta los 33 ddt ( $229,79 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) e incremento posterior hasta  $383,43 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  a los 61 ddt. La disminución en el área foliar hasta los 33 ddt se debió posiblemente a la menor expansión celular y transporte de fotoasimilados hacia los puntos de crecimiento (Carranza *et al.*, 2009). En el tomate se observó el efecto del AFE solamente hasta los cuarenta y cinco días de crecimiento vegetativo, y pudo destacarse que las hojas son más delgadas al crecer en condiciones de menor irradiación. En ambos regímenes lumínicos, el AFE disminuye después de los sesenta días de crecimiento de la planta. Se considera que este índice representa el costo energético o material para la formación de una unidad de superficie foliar (Páez *et al.*, 2000).

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el periodo primavera-verano del 2013 en el invernadero de alta tecnología del departamento de Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. El invernadero tiene una orientación Norte – Sur, con coordenadas 25°21'10.83"N, 101°01'38.17"O y una altitud de 1781msnm; al momento de la siembra se tenía una temperatura máxima de 34°C, mínima de 13°C y una media de 24 °C, 15 días dds la temperatura máxima fue de 33°C, la mínima de 20 y la media de 27°C, la humedad relativa fue del 70 % y se controló por una pared húmeda. El invernadero está cubierto por laminas policarbonadas de doble capa; cuenta con cortinas reflectoras, cuatro extractores por nave y 2 calentadores por nave.

El experimento se estableció en una superficie de 14m<sup>2</sup>. Se desalojó y se limpió el área donde se realizó la investigación, se utilizaron macetas con capacidad de 3 kg. Primeramente se cribó la tierra, después se mezcló con peat moss en una relación de 1:1, se regó la mezcla y se dejó reposar 24 horas. Posteriormente se removió la mezcla con una pala para que la mezcla estuviera de manera uniforme y se hizo el llenado de las macetas.

La siembra se hizo de forma directa, se utilizó semilla de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L), la cual se realizó el 15 de marzo de 2013, se colocaron 4 semillas por maceta para asegurar que después de la emergencia hubiera una planta por maceta, teniéndose un total de 96 plantas y 10 que quedaron como reposición. Cuando la planta tenía 2 hojas verdaderas se hizo el aclareo, que consistió en dejar una planta

por maceta, y se dejó la planta que tenía el mismo tamaño que las demás. El riego fue de forma manual, y se realizó cada vez que la planta lo requería, generalmente cada tercer día. También se realizó la eliminación de malezas cada 5 días, con la finalidad de evitar que hubiera una competencia por agua y nutrientes.

La aplicación de los tratamientos se realizó 2 veces, la primera fue cuando la planta tenía de 3 a 4 hojas verdaderas y la segunda aplicación 15 días después de la primera, se utilizó un atomizador para cada tratamiento de una capacidad de 500 ml., el ácido salicílico se aplicó sobre el haz y envés de la hoja. Los muestreos se realizaron cada 10 días a partir de la primera aplicación. Se aplicaron 2 fertilizaciones de triple 10 (3 grs. por planta), la primera se hizo un mes después de la siembra y la segunda 15 días después de la primera aplicación.

Se realizó un control fitosanitario de las plagas que atacaron al cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) por lo que las plagas que más se presentaron en el cultivo fueron la mosquita blanca y el minador de la hoja, el insecticida que se utilizó para su control fue abamectina 3ml/litro, la aplicación del insecticida solo se realizó una vez y fue 40 días después de haber sembrado.

El tutorado se realizó 40 días después de la siembra, esta actividad se realizó con la ayuda de hilo de polipropileno y alambre, esta práctica es muy importante en el cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) ya que esto ayuda a que la planta se mantenga erguida, no se enrede con las guías de las demás plantas y soporte el peso de las vainas. Por último la cosecha se hizo de manera oportuna, se cortaron las vainas en estado óptimo de madurez, de la cual se determinó el rendimiento.

El diseño experimental que se utilizó fue el completamente al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones, donde los tratamientos fueron T1= $1 \times 10^{-6}$  M de AS; T2= $1 \times 10^{-8}$  M de AS; T3=  $1 \times 10^{-10}$  M de AS y T4=testigo (sin ácido salicílico). Se realizaron 6 muestreos y con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias mediante el programa de la UANL.

Las variables dependientes que se evaluaron en este trabajo de investigación fueron: peso seco de raíz, peso seco del tallo, peso seco de la hoja, peso seco de la vaina, área foliar ,peso seco de la flor, peso seco de la vaina, numero de vainas por planta, peso total y rendimiento. Los muestreos se hicieron cada 10 días a partir de la primera aplicación de ácido salicílico, para determinar estas variables se procedió a sacar la planta de la maceta, se tomó la planta completa y se separaron en hojas, tallos, raíz, flor y fruto (vainas), para obtener la raíz se necesitó una malla tipo mosquitero de 50 cm aproximadamente primeramente se sacó el suelo de la maceta y se colocó en la malla, después se metió en una cubeta con agua hasta que quedó solo la raíz y se lavó bien para que no quedara ningún residuo, luego de la separación se colocaron el bolsas identificadas, se trasladaron a una estufa marca Boekel 131400 a una temperatura de 75°C para deshidratarlas, se dejaron 72 horas , después se sacaron y se pesaron en una balanza analítica marca Boss modelo 1500. Antes de meter a secar la hoja se midió el área foliar con el medidor de área foliar modelo LI-COR modelo 3100.

Con los datos de las variables agronómicas utilizadas en este experimento se calcularon los Coeficientes de Partición de Biomasa (CPB) los cuales incluyeron: peso seco de la hoja/peso seco total, peso seco del tallo/peso seco total, peso seco

de raíz/ peso seco total, peso seco de la flor/peso seco total, peso seco de la vaina (fruto)/peso seco total y así se obtuvo la cantidad de biomasa que se destinó a cada órgano de la planta.

También se calcularon los índices de crecimiento de acuerdo a Hunt (1981) como:

Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) Se define como el incremento de material vegetal por unidad de material vegetal presente, por unidad de tiempo. Representa la eficiencia de la planta como productora de nuevo material. Las unidades en que se expresa son  $\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , matemáticamente se expresa como:  $\text{TCR} = \frac{(\ln(\text{PS}_2) - \ln(\text{PS}_1))}{(t_2 - t_1)}$ ; Tasa de Asimilación Neta (TAN) Se define como el incremento de material vegetal por unidad del sistema asimilativo, por unidad de tiempo. Este índice representa una medida del balance que existe entre la actividad fotosintética y la actividad respiratoria de la planta. Las unidades en que se expresa son en  $\text{g.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ , matemáticamente es expresada como:  $\text{TAN} = \frac{(\text{PS}_2 - \text{PS}_1)}{(t_2 - t_1)} \cdot \frac{(\ln \text{AF}_2 - \ln \text{AF}_1)}{(\text{AF}_2 - \text{AF}_1)}$ . ; Relación de Área Foliar (RAF) Se define como la proporción de material asimilativo por unidad de material vegetal presente en un instante de tiempo. Se expresa son en  $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$ , matemáticamente se define como:  $\text{RAF} = \frac{(\text{AF}_1/\text{PS}_1) + (\text{AF}_2/\text{PS}_2)}{2}$ . ; Relación de Peso Foliar (RPF) Este índice está formado por dos componentes: la magnitud del peso seco de la hoja, y por la unidad de peso seco total de la planta. No tiene unidades ya que al calcular en gramos el peso seco de la hoja y dividirlo entre gramos del peso seco total de la planta el resultado queda adimensional. Aunque es una medida instantánea, a menudo se emplea la media entre el intervalo de  $t_1$  a  $t_2$ , matemáticamente se expresa como  $\text{RPF} = \frac{(\text{PSH}_1/\text{PS}_1) + (\text{PSH}_2/\text{PS}_2)}{2}$ . ; Área Foliar Específica (AFE) Es un índice que expresa

la densidad o el grosor relativo de la hoja. Es una medida de la relación entre al área foliar y el peso seco de la hoja por lo que las unidades en que se expresa este índice son  $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$ , matemáticamente se define como:  $\text{AFE} = ((\text{AF}_1/\text{PSH}_1) + (\text{AF}_2/\text{PSH}_2))/2$ .

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1 Coeficientes de Partición de Biomasa

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para los Coeficientes de Partición de Biomasa en el primer muestreo no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo si existen diferencias numéricas. Las plantas testigo enviaron la mayor cantidad de biomasa nueva producida a la formación de raíz superando a las plantas asperjadas con ácido salicílico, para la formación de biomasa nueva en tallo las plantas asperjadas a diferentes concentraciones de ácido salicílico superaron a las plantas testigo, de igual forma para la formación de biomasa de hoja las plantas tratadas a diferentes concentraciones de ácido salicílico superaron a las plantas testigo.

En el segundo muestreo existe una disminución en la formación de biomasa nueva producida para raíz tanto en plantas testigo como en las plantas asperjadas a diferentes concentraciones de ácido salicílico y esa disminución, coincide con un incremento en la formación de biomasa en tallo y hoja. En la raíz las plantas tratadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico fueron las que enviaron mayor biomasa producida superando a las plantas testigo, en el tallo las plantas testigo superaron a las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M de AS, en la hoja las plantas testigo fueron las que enviaron mayor biomasa superando a todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico.

En el tercer muestreo continuó una disminución de la biomasa para la formación de raíz en general, excepto para las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-8}$  M

de AS que superaron todas las plantas de los demás tratamientos. Para el envío de biomasa en tallo las plantas testigo superaron a todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico de igual manera en las hojas las plantas testigo fueron las que superaron a las plantas tratadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico, en este muestreo aparecen las flores y las primeras vainas, en la flor las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M de AS fueron las que destinaron mayor biomasa nueva en la formación de este órgano, en el CPB de vaina las plantas tratadas a una concentración de  $1 \times 10^{-10}$  M de AS enviaron mayor biomasa nueva producida en comparación a los demás tratamientos.

En el cuarto muestreo en el CPB de raíz se sigue observando una tendencia a disminuir en las plantas de todos los tratamientos siendo las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M de AS fueron las que destinaron mayor biomasa producida. En tallo continúa una disminución de biomasa nueva producida excepto en las plantas asperjadas con una concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M de AS donde se observa un incremento en la biomasa producida para la formación de este órgano. En el CPB de hoja se continúa observando una tendencia a disminuir la cantidad de biomasa producida, siendo las plantas testigo las que superaron a todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico, para el CPB de flor se muestra una disminución de biomasa por lo que las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-10}$  M de AS fueron las que enviaron la mayor cantidad de biomasa nueva. En vaina se observa un incremento en el envío de biomasa para la formación de esta variable siendo las plantas tratadas con una concentración de

$1 \times 10^{-10}$  M de AS las que destinaron la mayor cantidad de biomasa producida en comparación con las plantas testigo.

En el quinto muestreo se observa un incremento en el envío de biomasa destinado a la formación de raíz, por lo que las plantas testigo fueron las que enviaron mayor biomasa superando a todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico y desaparece la formación de flor. En la variable CPB de hoja se sigue manteniendo una tendencia a disminuir en el envío de biomasa producida para esta variable, las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico destinaron mayor cantidad de biomasa para la formación de este órgano en comparación con las plantas testigo. Para el CPB de vaina se mantiene un incremento en el envío de biomasa para la formación de esta variable en donde las plantas asperjadas con una concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M de AS y  $1 \times 10^{-8}$  M de AS fueron las que enviaron mayor biomasa nueva producida en comparación con las plantas testigo. En el sexto muestreo se mantiene la tendencia a disminuir en la variable raíz en donde se puede observar que las plantas testigo mostraron mayor producción de biomasa destinada a la formación de raíz superando a todas las plantas tratadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico. Por lo que se observa un incremento en el envío de biomasa nueva producida para la formación de hoja, siendo las plantas asperjadas con una concentración de  $1 \times 10^{-8}$  M de AS y  $1 \times 10^{-10}$  M de AS las que destinaron mayor envío de biomasa para la formación de esta variable. En el CPB de hoja las plantas asperjadas con una concentración de  $1 \times 10^{-8}$  M de AS mostraron mayor cantidad de envío de biomasa en comparación con las plantas testigo.

Cuadro 1. Análisis de varianza y comparación de medias de Coeficientes de Partición de Biomasa en un cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes concentraciones de ácido salicílico.

Tratamientos	Variables	Fechas de los muestreos					
		08/04/2013	18/04/2013	28/04/2013	08/05/2013	18/05/2013	28/05/2013
1x10 <sup>-6</sup> M de AS		0.46a	0.44a©	0.33a	0.29ab	0.33a	0.20a
1X10 <sup>-8</sup> M de AS		0.47a	0.36a	0.39a	0.34a	0.31a	0.20b
1x10 <sup>-10</sup> M de AS	CPBRAIZ	0.42a	0.39a	0.35a	0.21b	0.31a	0.30a
Testigo		0.51a	0.34a	0.27a	0.22b	0.38a	0.34a
C.V (%)		11.85	17.76	16.58	21.84	33.79	23.63
S.E		NS	NS	NS	NS	NS	NS
1x10 <sup>-6</sup> M de AS		0.12a	0.13b	0.17a	0.18a	0.11a	0.11a
1X10 <sup>-8</sup> M de AS		0.11a	0.17a	0.18a	0.12a	0.11a	0.12a
1x10 <sup>-10</sup> M de AS	CPBTALLO	0.12a	0.17a	0.19a	0.14a	0.11a	0.12a
Testigo		0.11a	0.16a	0.20a	0.15a	0.10a	0.11a
C.V (%)		13.46	12.05	11.27	33.79	23.71	18.99
S.E		NS	*	NS	NS	NS	NS
1x10 <sup>-6</sup> M de AS		0.40a	0.42a	0.46a	0.23a	0.20a	0.19b
1X10 <sup>-8</sup> M de AS		0.40a	0.46a	0.38a	0.23a	0.21a	0.28a
1x10 <sup>-10</sup> M de AS	CPBHOJA	0.44a	0.43a	0.43a	0.27a	0.22a	0.21b
Testigo		0.37a	0.49a	0.49a	0.28a	0.18a	0.21b
C.V (%)		10.39	11.7	13.11	16.33	20.49	16.07
S.E		NS	NS	NS	NS	NS	*
1x10 <sup>-6</sup> M de AS				0.017a	0.003a		
1X10 <sup>-8</sup> M de AS				0.015a	0.004a		
1x10 <sup>-10</sup> M de AS	CPBFLO			0.011a	0.007a		
Testigo				0.016a	0.006a		
C.V (%)				37.4	33.44		
S.E				NS	NS		
1x10 <sup>-6</sup> M de AS				0.006a	0.28a	0.35a	0.48a
1X10 <sup>-8</sup> M de AS				0.009a	0.30a	0.35a	0.38a
1x10 <sup>-10</sup> M de AS	CPBVAINA			0.010a	0.35a	0.34a	0.30a
Testigo				0.009a	0.33a	0.32a	0.32a
C.V (%)				51.98	13.19	17.22	24.22
S.E				NS	NS	NS	NS

CV= Coeficiente de variación

\*=diferencia significativa

NS=diferencia no significativa

S.E= Significancia estadística

©= Valores medios seguidos de la misma letra, estadísticamente son iguales

En la variable vaina se observa que las plantas asperjadas con una concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M de AS enviaron mayor cantidad de biomasa nueva producida en comparación con las plantas testigo.

En general en la variable CPB de raíz la mayor biomasa producida se encuentra al principio y después se observa una disminución conforme va pasando el tiempo. Para el CPB de tallo y CPB de hoja en los tres primeros muestreos existe un incremento de esta variable y después conforme pasa el tiempo se observa una disminución de biomasa. En el CPB de flor solo se observa en el tercer y cuarto muestreo, siendo el primer muestreo en el que se encuentra la mayor biomasa producida y en el cuarto muestreo la menor cantidad de biomasa producida para la formación de esta variable. Para el CPB de vaina se muestra que las primeras vainas aparecieron en el tercer muestreo, y se observa un incremento conforme va pasando el tiempo, siendo las plantas asperjadas con las concentraciones de  $1 \times 10^{-6}$  M de AS y  $1 \times 10^{-8}$  M de AS las que enviaron mayor cantidad de biomasa nueva producida para la formación de esta variable.

## 6.2 Índices de Crecimiento

### 6.2.1 Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la variable TCR no mostraron diferencia significativa, más sin embargo se muestra una diferencia numérica (cuadro 2). En el primer muestreo las plantas testigo mostraron el valor más alto de TCR en comparación con todas las plantas tratadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico. En el segundo muestreo se observa que las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-8}$  M de AS presentaron mayor cantidad de biomasa en  $\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  en comparación al testigo superándolo en un 14.63 %. Para el tercer muestreo las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M de AS mostraron mayor TCR en comparación con las plantas testigo con una diferencia de  $0.047 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , también se muestra que a menor concentración de ácido salicílico el incremento de la TCR fue mayor. En el cuarto muestreo se observa que las plantas tratadas con ácido salicílico a una concentración de  $1 \times 10^{-10}$  M de AS mostraron mayor biomasa en  $\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  en comparación al testigo con una diferencia del 6.45%, por otro lado, se muestra que a mayor concentración de ácido salicílico mayor incremento de la TCR. En el quinto muestreo se observa que las plantas testigo superaron a las todas las plantas tratadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico, también se muestra que a mayor concentración de ácido salicílico mayor cantidad de biomasa en  $\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ . Estos resultados son similares a los reportados por Apáez-Barrios *et al.*, (2011) encontraron que en el clima cálido el frijol chino con espaldera convencional los valores más altos de TCR

fueron de  $0.115 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  y se encontró en los primeros 29 días, por lo que estos valores son menores a los encontrados en esta investigación.

En la figura 11 se muestra que los valores de la TCR tienden a disminuir conforme va pasando el tiempo, en el que los valores más altos se encuentran al principio de la investigación y en los últimos muestreos se encuentran los valores más bajos. Estos resultados son similares a los reportados por Ghamari y Ahmadvand (2013), quienes encontraron que en un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) los valores más altos de la TCR se presentan al principio del cultivo y van disminuyendo conforme va pasando el tiempo.

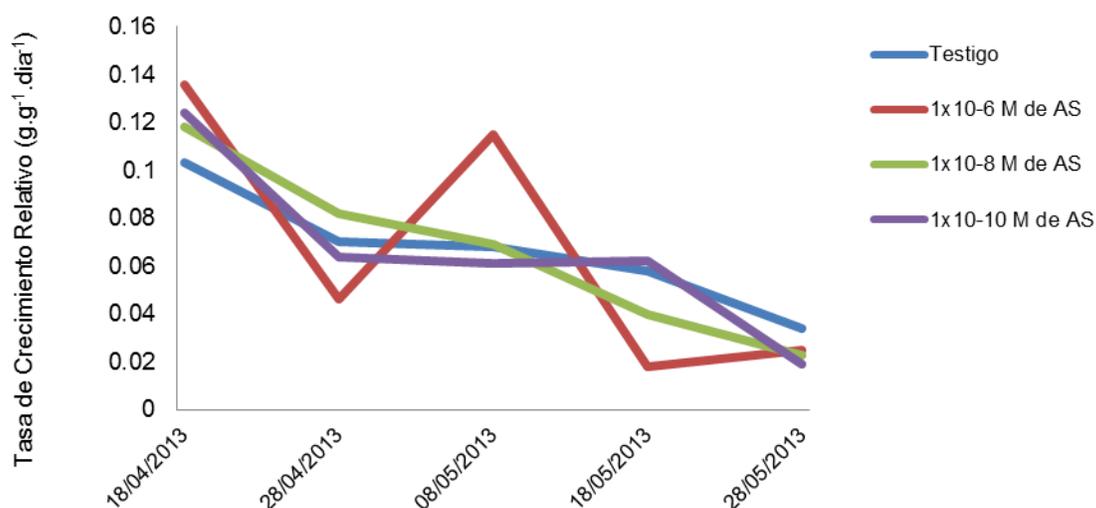


Figura 11. Comportamiento de la variable Tasa de Crecimiento Relativo de un cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) tratados con diferentes concentraciones de ácido salicílico.

### 6.2.2 Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Los resultados del análisis de varianza de la variable TAN no mostraron diferencias significativas, sin embargo si mostraron diferencias numéricas (cuadro 2). En el primer muestreo se observa que las plantas asperjadas con ácido salicílico a una concentración de  $1 \times 10^{-8} \text{ M}$  de AS mostraron mayor incremento de biomasa en

comparación al testigo en comparación al testigo superándolo en un 21.42 %. Para el segundo muestreo las plantas tratadas a una concentración de  $1 \times 10^{-8}$  M de AS, presentan el valor más alto de producción de biomasa en comparación al testigo con  $1 \text{ g.m}^2.\text{dia}^{-1}$ . En el tercer muestreo se observa que las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M de AS mostraron mayor TAN en comparación con el testigo en un 53.33 %, también en la tabla se muestra que a mayor concentración, mayor incremento de esta variable. Para el cuarto muestreo se observa que las plantas tratadas a una concentración de  $1 \times 10^{-8}$  M de AS mostraron un valor igual que las plantas testigo, y también se puede observar que a menor concentración de ácido salicílico mayor producción de biomasa  $\text{g.m}^2.\text{dia}^{-1}$ . En el quinto muestreo las plantas testigo superaron a todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico.

Estos resultados son diferentes a los reportados por Hernández *et al.*, (2008) quienes encontraron que los valores de TAN en un cultivo de frijol var. Bat-304 las plantas testigo mostraron valores de  $20 \text{ g/m}^2.\text{dia}^{-1}$  al principio del cultivo, por lo que estos valores son mayores a los encontrados en esta investigación. Sin embargo Garduño-González *et al* (2009) no encontraron diferencias significativas en el cultivo de frijol ejotero en unicultivo y asociado con girasol.

En la figura 12 se observa que los valores más altos se encuentran al principio del cultivo y después se presenta una tendencia a disminuir de TAN, por lo que en el último muestreo de la investigación se encontraron los valores más bajos de esta variable. Estos resultados son similares a los reportados por Quezada- Martín *et al.*, (2011) quienes encontraron que en un cultivo de pimiento morrón los valores más

Cuadro 2. Análisis de varianza y comparación de medias de los índices de crecimiento en un cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes concentraciones de ácido salicílico.

Tratamientos	Variables	Fechas de los muestreos				
		18/04/2013	28/04/2013	08/05/2013	18/05/2013	28/05/2013
1x10 <sup>-6</sup> M de AS		0.136a©	0.046a	0.115a	0.018a	0.025a
1x10 <sup>-8</sup> M de AS		0.118a	0.082a	0.069a	0.040a	0.023a
1x10 <sup>-10</sup> M de AS	TCR	0.124a	0.064a	0.061a	0.062a	0.019a
Testigo	g.g <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	0.103a	0.070a	0.068a	0.058a	0.034a
C.V (%)		14.91	38.84	34.65	36.08	80.98
S.E		NS	NS	NS	NS	NS
1x10 <sup>-6</sup> M de AS		14a	4a	15a	3a	5a
1x10 <sup>-8</sup> M de AS		10a	7a	9a	8a	5a
1x10 <sup>-10</sup> M de AS	TAN	11a	6a	7a	10a	4a
Testigo	g.m <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup>	11a	6a	7a	10a	8a
C.V (%)		22.8	39.49	34.44	37.71	79.85
S.E		NS	NS	NS	NS	NS
1x10 <sup>-6</sup> M de AS		99.24a	96.104a	80.06a	56.42ab	43.77a
1x10 <sup>-8</sup> M de AS		110.50a	113.74a	81.14a	48.81b	42.74a
1x10 <sup>-10</sup> M de AS	RAF	107.93a	101.18a	84.93a	63.20a	45.91a
Testigo	cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup>	94.93a	112.33a	95.04a	56.35ab	40.50a
C.V (%)		14.06	10.63	9.96	10.63	16.09
S.E		NS	NS	NS	*	NS
1x10 <sup>-6</sup> M de AS		0.416a	0.447a	0.350b	0.219a	0.202a
1x10 <sup>-8</sup> M de AS		0.436a	0.427a	0.309c	0.223a	0.249a
1x10 <sup>-10</sup> M de AS	RPF	0.437a	0.431a	0.354ab	0.250a	0.222a
Testigo	g/g <sup>-1</sup>	0.436a	0.496a	0.389a	0.231a	0.197a
C.V (%)		9.05	8.7	6.76	11.71	14.22
S.E		NS	NS	*	NS	NS
1x10 <sup>-6</sup> M de AS		244.08a	220.20a	322.12a	261.03a	230.46a
1x10 <sup>-8</sup> M de AS		252.67a	266.81a	383.68a	219.08a	195.55a
1x10 <sup>-10</sup> M de AS	AFE	249.44a	236.41a	348.60a	253.03a	213.41a
Testigo	cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup>	217.70a	225.15a	382.08	243.39a	212.65a
C.V (%)		14.32	9.56	17.75a	9.84	9.66
S.E		NS	NS	NS	NS	NS

TCR=Tasa de Crecimiento Relativo

TAN= Tasa de Asimilación Neta

RAF=Relación de Área Foliar

RPF=Relación de Peso Foliar

AFE=Área Foliar Específica

CV= Coeficiente de variación

\*=diferencia significativa

NS=diferencia no significativa

S.E= Significancia estadística

©= Valores medios seguidos de la misma letra, estadísticamente son iguales

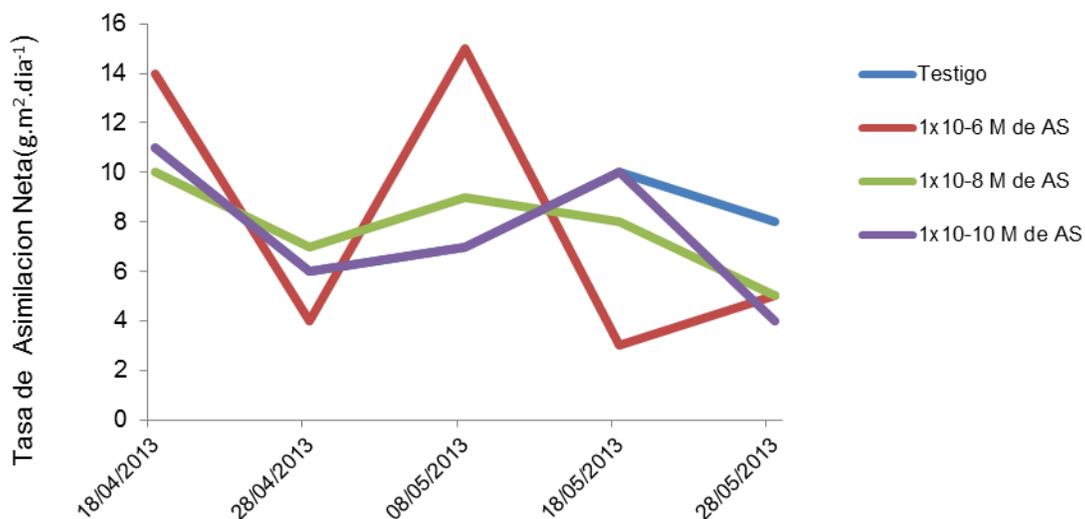


Figura 12. Comportamiento de la variable Tasa de Asimilación Neta de un cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) tratados con diferentes concentraciones de ácido salicílico.

altos de TAN se encontraron al principio del cultivo y los valores más bajos al final de la investigación. También Aguilar- García *et al.*,(2005) reportaron que en un cultivo de girasol los valores más altos de TAN se encontraron al principio del cultivo y después los valores fueron disminuyendo conforme fue pasando el tiempo.

### 6.2.3 Relación de Área Foliar (RAF)

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias de la variable RAF no mostraron diferencias significativas, excepto el cuarto muestreo que presento diferencias significativas (cuadro 2). En el primer muestreo se observa que todas las plantas asperjadas con AS superaron al testigo y la concentración de  $1 \times 10^{-8}$  M de AS indujo el valor más alto de RAF en comparación con el testigo superándolo en un 14 %. En el segundo muestreo de la RAF las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-7}$  M de AS mostraron el valor más alto en esta variable en comparación al testigo con  $1.41 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ . Para el tercer muestreo las plantas testigo mostraron mayor RAF superando a todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de AS.

En el cuarto muestreo de RAF las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-10}$  de AS mostraron mayor el valor más alto en esta variable superando a las plantas testigo en un 10.83 %, también se observa que las plantas tratadas a una concentración de  $1 \times 10^{-6}$  de AS mostraron un valor casi igual con respecto a las plantas testigo. En el quinto muestreo de RAF todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de AS mostraron mayor incremento en esta variable, en donde las plantas tratadas a una concentración de  $1 \times 10^{-10}$  de AS mostraron superaron a las plantas testigo con  $5.41 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ .

Estos resultados son similares a los reportados por Hadi *et al* (2006) quienes encontraron que en un cultivo de frijol común las plantas sin sombra (testigo) mostraron un valor de  $39 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ . Por otro lado Boutraa (2009) no encontró diferencias de RAF al evaluar dos genotipos de frijol cultivados con baja disponibilidad de fosforo.

Se puede observar en la figura 13 una disminución de los valores de RAF conforme va pasando el tiempo, también se muestra que los valores más altos de esta variable se encuentran al principio de la investigación y en el último muestreo se encontraron los valores más bajos de RAF.

Estos resultados son contrarios a los reportados por Ascencio *et al.*, (1975) quienes encontraron que en los primeros días del cultivo de frijol variedad “coche” los valores de RAF fueron bajos después conforme fue pasando el tiempo se observó un incremento y al final del cultivo se mostró una disminución de esta variable.

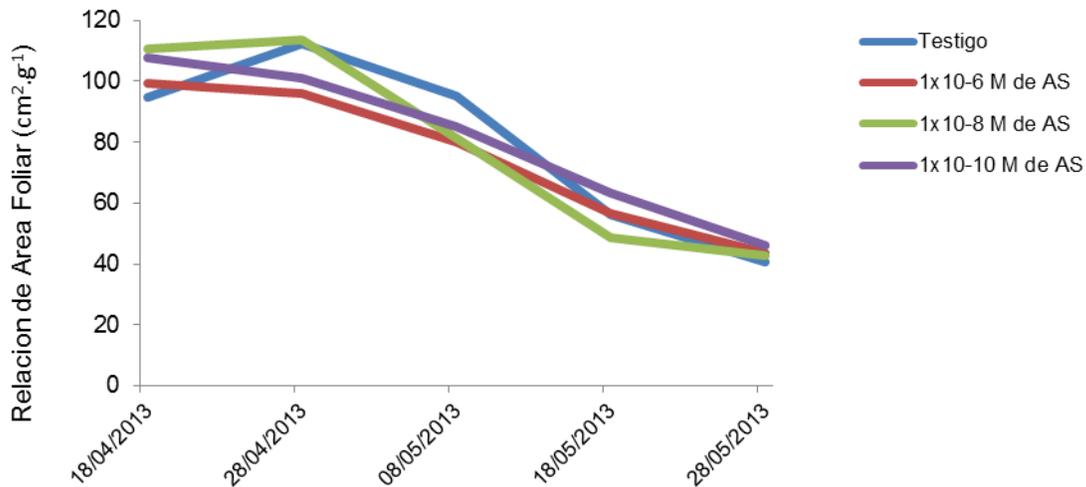


Figura 13. Comportamiento de la variable Relación de Área Foliar de un cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) tratados con diferentes concentraciones de ácido salicílico.

#### 6.2.4 Relación de Peso Foliar (RPF)

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias de la variable RPF no mostraron diferencias significativas entre los muestreos, excepto en el tercer muestreo que se observa una diferencia significativa (Cuadro 2). En el primer muestreo las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-10}$  M de AS mostraron el valor más alto de RPF superando a las plantas testigo en un 0.2 %, también se muestra que a menor concentración mayor biomasa en g/g. Para el segundo muestreo las plantas testigo superaron a todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico. Para el segundo muestreo las plantas testigo superaron a todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico. En el tercer muestreo de igual manera las plantas testigo mostraron el valor más alto de RPF, superando a todas las plantas tratadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico. En el cuarto muestreo las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-10}$  de AS superaron a las plantas testigo con 0.019 g/g,

por otro lado se observa que a menor concentración de ácido salicílico mayor incremento de RPF. En el quinto muestreo todas las plantas asperjadas a diferentes concentraciones de ácido salicílico mostraron los valores más alto de RPF, siendo las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-10}$  de AS los que mostraron el valor más alto en comparación al testigo en un 20.88 %.

Estos resultados son similares con los reportados por Maldonado y Corchuelo (1993) quienes encontraron valores de RPF de 0.5 y 0.6  $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  que en dos variedades de frijol (Tundama y Cerinza). Por otro lado Bahena *et al* (2008) no encontraron diferencias de RPF en la combinación de cuatro especies de frijol (testigo.)

En la figura 14 se observa que en los primeros muestreos de la investigación se encontraron los valores más altos de la variable RPF y conforme fue pasando el tiempo fueron disminuyendo, y en los últimos muestreos se encontraron los valores más bajos de esta variable. También estos resultados coinciden con los reportados por Maldonado y Corchuelo, (1993) quienes encontraron que en dos variedades de frijol (tundama y Cerinza) las evaluaciones iniciales de RPF presentaron un comportamiento decreciente, para las dos variedades.

#### **6.2.5 Área Foliar Específica (AFE)**

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias de la variable AFE no mostraron diferencias significativas entre los diferentes muestreos más sin embargo si se muestran diferencias numéricas (cuadro 2). En el primer muestreo todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico

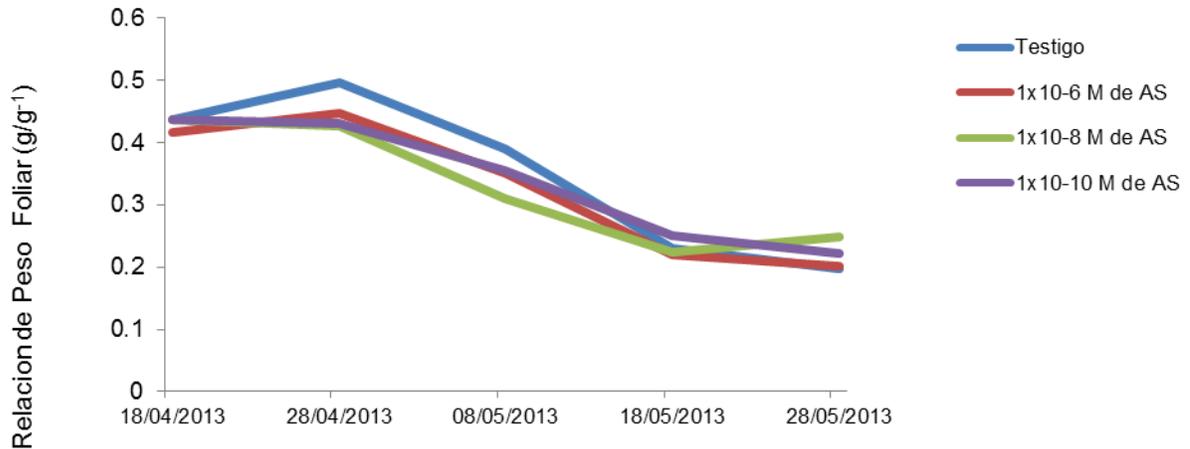


Figura 14. Comportamiento de la variable Relación de Peso Foliar de un cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) tratados con diferentes concentraciones de ácido salicílico.

superaron al testigo, siendo las plantas tratadas a una concentración de  $1 \times 10^{-8}$  M de AS las que mostraron el valor más alto de AFE superando al testigo en un 13.84 %. En el segundo y tercer muestreo se observa las plantas tratadas con ácido salicílico a una concentración de  $1 \times 10^{-8}$  M de AS mostraron el valor más alto de AFE en comparación al testigo con  $41.66 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  y  $1.6 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  respectivamente, por lo que las plantas tratadas con ácido salicílico a esta concentración presentaron las hojas más delgadas.

Para el cuarto muestreo las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-10}$  M de AS mostraron el valor más alto de AFE y por lo tanto las hojas más delgadas en comparación con el testigo que mostro la hoja gruesa. En el quinto muestreo se observa que las plantas asperjadas a una concentración  $1 \times 10^{-10}$  M de AS mostro el valor más alto de AFE en comparación al testigo con  $17.81 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ . Los resultados del presente trabajo son similares a los reportados por Ascencio *et al* (1975), quienes encontraron que en un cultivo de frijol la variedad “coche” a los 23 y 28 días se obtuvo una AFE de  $242.450 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ . Por otro lado los resultados reportados por

Skórzynska-Polit y Baszynsky, (1995) son menores a los de este trabajo de investigación; ya que encontraron que en plantas de frijol las plantas testigo (sin cadmio) el AFE fue de  $95 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ .

En la figura 15 se muestran los valores más altos de AFE en tercer muestreo de la investigación, por lo que los valores más bajos de esta variable se encontraron al principio y al final de la investigación. Sin embargo estos resultados son contrarios a los reportados por Páez *et al.*, (2000) quienes reportaron que en un cultivo de jitomate la mayor AFE se encontró a los 58 días después de la germinación.

### **6.3 Vainas por Planta**

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la variable número de vainas por planta, no mostraron diferencias significativas, mas sin embargo si se muestra una diferencia numérica entre los tratamientos (cuadro 3). Las plantas tratadas con ácido salicílico a una concentración de  $1 \times 10^{-8}$  M de AS mostraron el valor más alto en la variable mencionada, el cual supero al testigo con 7.5 vainas por planta. También se observa las plantas de los demás tratamientos mostraron un valor igual en número de vainas por planta. Estos resultados son similares a los encontrados por Castañeda *et al.*, (2006), quienes encontraron que en frijol negro precoz las plantas testigo mostraron un total de 22.74 vainas por planta. Estos resultados son similares a los encontrados por Castañeda *et al.*, (2006), quienes encontraron que en frijol negro precoz las plantas testigo mostraron un total de 22.74 vainas por planta. Por otro lado los resultados reportados por Esparza-Martínez *et al.*, (2000) son diferentes ya que encontraron que en plantas de frijol con

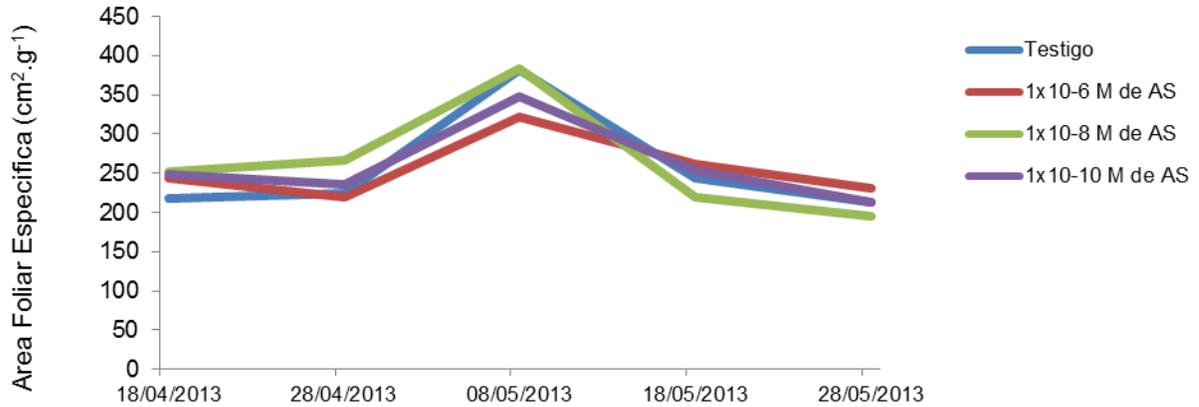


Figura 15. Comportamiento de la variable Área Foliar Especifica de un cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) tratados con diferentes concentraciones de ácido salicílico.

Cuadro 3. Análisis de varianza y comparación de medias de vainas por planta y rendimiento en un cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes concentraciones de ácido salicílico

Tratamiento	vaina/planta	rendimiento(Ton/ha)
1x10 <sup>-6</sup> M de AS	22a©	24.25a
1X10 <sup>-8</sup> M de AS	29.75a	29.25a
1x10 <sup>-10</sup> M de AS	22.25a	22.50a
Testigo	22.25a	21.00a
C.V (%)	19.58	21.44
S.E	NS	NS

CV= Coeficiente de variación

S.E=Significancia Estadística

NS=diferencia no significativa

©= Valores medios seguidos de la misma letra, estadísticamente son iguales

variedad azufrado regional (testigo), se obtuvieron 39.8 vainas por planta. Más sin embargo Araméndiz-Tatis *et al.*, (2011) al evaluar el comportamiento agronómico de líneas promisorias de frijol caupí, encontraron un total de 12.1 vainas por planta (testigo), éstos resultados son diferentes a los encontrados en el presente trabajo de investigación.

En la figura 16 se muestra que los tratamientos de ácido salicílico, superaron al testigo en esta variable, también se observa que a menor concentración de ácido

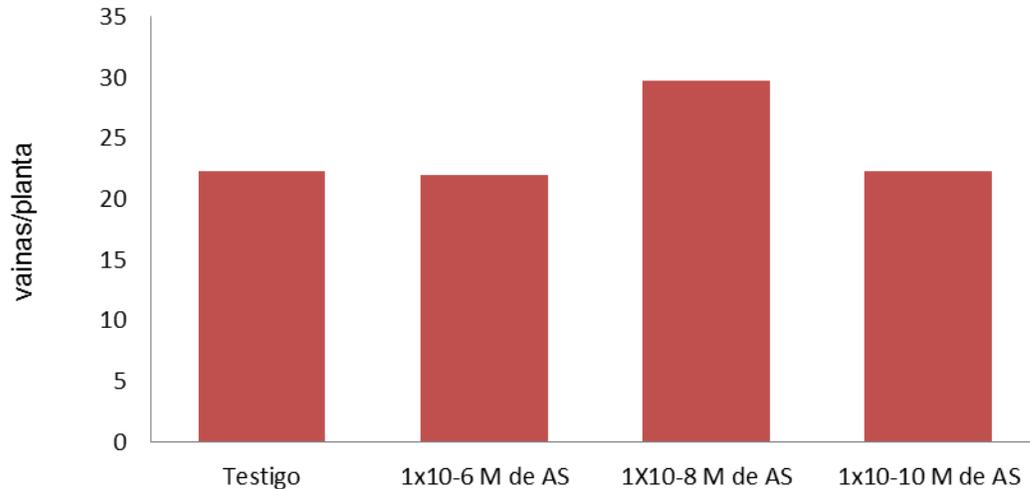


Figura 16. Comportamiento de la variable Número de vainas por planta de un cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) tratados con diferentes concentraciones de ácido salicílico.

salicílico se obtiene un incremento en la variable número de granos por vaina en el cultivo de frijol ejotero.

#### 6.4 Rendimiento

Los resultados del análisis de varianza para la variable rendimiento, no mostraron diferencia significativa, pero existe una diferencia numérica entre los tratamientos.

Todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de AS mostraron mayor rendimiento, siendo las plantas asperjadas a una concentración de  $1 \times 10^{-8}$  M de AS las que mostraron mayor rendimiento en comparación al testigo con 8.25 Ton/ha. Los resultados del presentes trabajo son diferentes a los reportados por Gutiérrez *et al* (2001), quienes encontraron que un cultivo de frijol con cero labranza el rendimiento fue de 1.895 toneladas por hectárea.

También González *et al.*, (2008) encontraron bajos rendimiento en un cultivo de frijol en temporal con variedad flor de mayo Anita y flor de mayo marcela (testigo) donde los rendimientos que se obtuvieron son de 3.615 y 2.630 toneladas por hectárea

respectivamente. Santella *et al* (2001) al evaluar el rendimiento de siete genotipos de frijol mungo como leguminosa granífera, se obtuvo un rendimiento de las plantas testigo de 1.192 toneladas por hectárea, los cuales son bajos con los obtenidos en este trabajo.

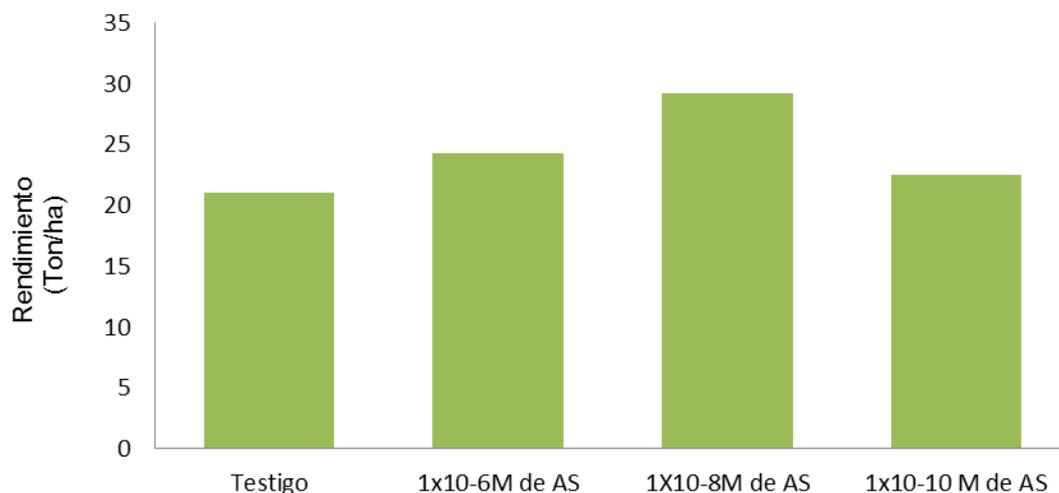


Figura 17. Comportamiento de la variable Rendimiento (Ton/ha) de un cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) tratados con diferentes concentraciones de ácido salicílico.

En la figura 17 se muestra que todas las plantas tratadas con ácido salicílico superaron al testigo, por lo que a mayor concentración de ácido salicílico mayor rendimiento en toneladas por hectáreas en el cultivo de frijol ejotero.

## **7. CONCLUSIÓN**

Los resultados de este trabajo permiten concluir que la aplicación de ácido salicílico en plantas de frijol ejotero bajo condiciones de invernadero, modificó el patrón normal de distribución de la biomasa nueva producida en la planta. El ácido salicílico favoreció el crecimiento en plantas de frijol ejotero e incrementó significativamente la productividad bajo condiciones de invernadero, siendo las concentraciones mayores las que indujeron el mayor rendimiento.

## 8. LITERATURA CITADA

- Aguilar-García, L., Escalante-Estrada, J. A., Fucikovsky-Zak, L., Tijerina-Chávez, L., Mark Engleman, E. 2005. Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra Latinoamericana*. 23(3):303-310.
- Apáez-Barrios., P.; Escalante-Estrada., J. A.S.; Rodríguez-González., M. 2011. Crecimiento y rendimiento del frijol chino en función del tipo espaldera y clima. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.13.307-305.
- Araméndiz-Tatis., H.; Espitia., C., M.; Sierra., C.M.2011.Comportamiento agronómico de líneas promisorias del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L.) walp en el Valle del Sinú. *Revista Temas Agrarios* 16 (2):9-17.
- Araya, F.C.M., Hernández, F.J.C. 2006. Guía para la identificación de las enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica. Universidad Nacional Costa Rica. San José, Costa Rica. 44 p.
- Arias, R.J.H., Guzmán, A.M.S. 2001. Evaluación y transferencia de tecnología para el manejo integrado del cultivo de frijol en el oriente Antioqueño. Centro de Investigación "La selva", Rio negro, Antioquia, Colombia. 16 pp.
- Ascencio. J.; Sgambatti. L.1975. Análisis del crecimiento entres cultivares de caraotas venezolanas (*Phaseolus vulgaris* L. cv 'coche', cv 'cubagua', cv 'tacarigua'), en condiciones de campo. *Agronomía Tropical*. 25 (2):125-147.

- Ashraf, M., Akram, A.N., Arteca, N.R., Foolad, R.M. 2010. The Physiological, Biochemical and Molecular Roles of Brassinosteroids and Salicylic Acid in Plant Processes and Salt Tolerance. *Plant Sciences*. 29 (3): 162-190.
- Azofeifa, A., Moreira, M.A. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. *Revista Agronomía Costarricense*. 28 (1): 57-67.
- Bahena., B., L.; Macías., R., L.; López., G., R.; Bayuelo., J., J. S. 2008. Crecimiento y respuestas fisiológicas de *Phaseolus* spp. en condiciones de salinidad. *Fitotecnia Mexicana* 31(3):213-223.
- Boutraa, T. 2009. Growth and carbon partitioning of two genotypes of bean (*Phaseolus vulgaris*) grown with low phosphorus availability. *EurAsian Journal of BioSciences*.3:17-24.
- Cardona, C., Rodríguez, I.V., Bueno, J.M. 2005. Biología de la Mosca Blanca *Trialeurodes vaporariorum* en Habichuela y Frijol .Centro Internacional de Agricultura Tropical; Department for International Development. Cali, Colombia. 50 p.
- Carranza, C., Lancho, O., Miranda, D., Chaves, B.2009. Growth analysis of "Batavia" lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivated in a saline soil of the Bogota Plateau. *Agronomía Colombiana*. 27(1):41-48.
- Castañeda, S. C. M.; Córdoba, T. L.; González, H. V. A.; Delgado, A. A.; Santacruz, V. A.; García, G. 2006. Respuestas fisiológicas, rendimiento y calidad de

semilla de frijol sometido a estrés hídrico. Scientific Electronic Library Online 31(6):461-466.

CENTA. 2008. Guía Técnica para el Manejo de Variedades del Frijol. Programa de Granos Básicos. Ministerio de Agricultura y Ganadería. La libertad, El Salvador. 23 p.

Criollo, H., García, J. 2009. Effect of planting density on the growth of radish (*Raphanus sativus* L.) plants under greenhouse conditions. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.3 (2):210-222.

Chen, Z., Zheng, Z., Huang, J., Lai, Z., Fan, B. 2009. Biosynthesis of salicylic acid in plants. Plant Signaling & Behavior. 4(6):493-496.

Chinchilla, F.J. 1988. Identificación y formulación de Tecnologías de Producción de Cultivos Alimenticios para pequeños agricultores del distrito de riego y avenamiento. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Fondo Simón Bolívar, El Salvador. 300 p.

COVECA. 2011. Monografía del frijol. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. Gobierno del Estado de Veracruz. 25 p.

Delaney, P.T., Ukness, S., Vernooij, B., Friedrich, L., Weymann, K., Negrotto, D., Gaffney, T., Gut-Rella, m., Kessmann, H., Ward, E., Ryals, J. 1994. A central Role of Salicylic Acid in Plant Disease Resistance. Science Journal. 266(5188):1247-1250.

Díaz-López, E. Loeza-Corte, J. M., Campos-Pastelin, J. M., Morales-Rosales, E. J.,

- Dominguez-Lopez, A., Franco-Mora, O. 2013. Radiation Use Efficiency Net Assimilation Rate and Thermal Integral AS Function Phosphorus in Maize (*Zea mays* L.). *Agrociencia*. 47: 135-146.
- Esparza-Martínez., J. H.; Sánchez-López., V.; Santamaría-César., E.; Pedroza Sandoval., A.2000. Caracterización y evaluación de calidad de la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Chapingo*.71-79 pp.
- Estrada.,P.,W.;Álvarez.,F.,A.;Lescay.,B.,E.;Rodriguez.,L.,L.;Gonzalez.,G.;Castro., G., R. P.2012. Efectos de los ácidos salicílico y benzoico en la lechuga (*Lactuca sativa* L.).*Centro Agrícola* 39(4):85-89.
- García, R.L., Pérez, P. J., Torres, R.D., Padron, M.Y., Romero, Q.C. 2006. Influencia de Reguladores del crecimiento en la formación de callos de *Phaseolus vulgaris* L. cv. CIAP 7247.*Biotechnología Vegetal*. 6(2):73-77.
- Garduño-González., J.; Morales-Rosales., E. J.; Guadarrama-Valentín., S.; Escalante-Estrada., J. A.2009. Biomasa y rendimiento de frijol con potencial ejotero en unicultivo y asociado con girasol. *Revista Chapingo* 15(1):33-39 pp.
- Ghamari. H., Ahmadvand. 2013. Growth Analysis of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Different Weed Interference Situations. *Notulae Scientia Biologicae*. 5 (3):394.399.
- Gharib F. A., Hegazi A. Z. 2010. Salicylic Acid Ameliorates Germination, Seedling Growth, Phytohormone and Enzymes Activity in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Cold Stress. *Journal of American Science*. 6(10): 675-683.

- Gil, A.I., Miranda, D.2007. Effect of five substrates on growth indices of papaya (*Carica papaya* L.) plants under glasshouse conditions. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 2: 142-153.
- Gaytán, M.A., Palomo, G.A., Godoy, A. S.2001. Biomass production and distribution efficiency of early cotton varieties. Revista Fitotecnia Mexicana. 24(2):197-202.
- González.,T.,G.;Mendoza.,H.,F.M.;Covarrubias.,P.,J.;Morán.,V.,N.;Acosta.,G.,J.A.2008.Rendimiento y calidad de la semilla de frijol en dos épocas de siembra en la región del bajío. Agricultura Técnica en México 34(4):421-430.
- Gutierrez.,W.;Medrano.,C.;Materan.,M.;Villalobos.,Y.;Esparza.,D.;Báez.,J.;Medina.,B. 2001.Evaluacion del rendimiento y nodulación del frijol (*Vigna unguiculata* L.)Walp bajo dos sistemas de labranza en las condiciones agroecológicas de la planicie de Maracaibo, Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía 18: 237-246.
- Hadi, H., Ghassemi-Golezani, K., Rahimzadeh, K. F., Valizadeh, M., Reza, S.M. 2006. Response of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to Different Levels of Shade. Journal of Agronomy.5 (4):595-599.
- Hayat. S., Ahmad, A. 2007. Salicylic Acid: Biosynthesis, Metabolism and Physiological Role in Plants. Salicylic acid: A plant Hormone. Springer. 1-14 pp.
- Hayat. Q., Hayat. S., Irfan. M., Ahmad. A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid

Under changing environment. *Environmental and Experimental Botany*.68 (1):  
14-25

Hayat, S., Irfan ,M., Wani, A.S., Alyemini, M.N., Ahmad, A.2012. Salicylic acids: local, systemic or inter-systemic regulators? *Plant Signaling & Behavior*.7 (1):93-102.

Hedner, T., Everts, B. 1998. The early clinical history of salicylates in rheumatology and pain. *Journal Clinical Rheumatology*. 17(1):17-25.

Hernández. F. J. C. 2009. Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris*). Manual de Recomendaciones Técnicas. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. San José, Costa Rica. 79 p.

Hernández, V. G., León, N. P., Cruz de la Paz. O., Indrani, R.Y. 2008. Influencia del Mulch en los Índices de Crecimiento del Frijol Variedad «Bat-304». *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 17 (4):46-49.

Hernández Del Valle., G.; Hernández., González., O.; Guridi., I., F.; Arbelo., F., N. 2012. Influencia de la siembra directa y las aplicaciones foliares de extracto líquido de vermicompost en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. cc-25-9. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 21(12):86-90.

Hernández-López, V.M., Vargas-Vázquez, L.P., Muruaga-Martínez, J.S., Hernández-Delgado, S., Mayek-Pérez, N. 2013. Origen, domesticación y diversificación

del frijol común. Avances y perspectivas. Revista Fitotécnica. Mexicana.36 (2): 95 – 104.

Herrera, J., Alizaga, R., Guevara, E. Jiménez. V. 2006. Germinación y Crecimiento de la Planta. Fisiología de la Producción de los Cultivos Tropicales. Editorial Universidad de Costa Rica. San José Costa Rica. 78 pp.

Horvath, E., Gabriella, S., Tibor, J.2007. Induction of Abiotic Stress Tolerance by Salicylic Acid Signaling. Journal of Plant Growth Regulation. 26 (3): 290-300.

Hunt, R. 1981. Plant Growth Analysis. The Institute of Biology's Studies in Biology N°. 96. Edward Arnold Publishers LTD. London.

IICA.1963. Mejoramiento del frijol. Proyecto Cooperativo Centroamericano 2ª Reunión Centroamericana. San Salvador, El Salvador. 67 p.

IICA.1976. Proyecto de Multiplicación de Semilla Mejorada en la Región Centro Oriental. Ciclo de Preparación y Evaluación de Proyectos de Desarrollo Agrícola. Banco Interamericano de Desarrollo. Tegucigalpa, Honduras. 86 p.

IICA.2010.Guia de Identificación y Manejo Integrado de Plagas del Frijol en Centroamérica. A. Ferrufino Editor Proyecto RED SICTA. Managua, Nicaragua. 44 p.

INEGI. 2013. El cultivo del frijol en Zacatecas. Censo Agropecuario. 2007. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 50 pp.

INIFAP. 2002. Principales enfermedades del frijol ejotero en las principales regiones productoras del estado de Morelos. Centro de Investigación Regional del

Centro Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos, México. Folleto Técnico N° 17. 32 p.

Joseph, B., Jini, D., Sujatha, S. 2010. Insight into the Role of Exogenous Salicylic Acid in Plants Grown Under Salt Environment. Asian Journal of Crop Science. 2(4):226-23

Khoshbakht, D., Ramin, A. A., Baghbanha, M. R. 2012. Possible Reduction of the Effect of Salinity on Bean (*Phaseolus vulgaris*) with Application of Salicylic Acid. Journal of Crop Production and Processing. 2(5):189-200.

Lallana, V.H., Lallana, M. C. 2001. Manual de prácticas de fisiología vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina. Edición digital. 47-53 p.

Larqué-Saavedra, A.; Martín-Mex. R. 2007. Effects of Salicylic Acid on the Bioproductivity of Plants. Centro de Investigación Científica de Yucatán. 15-23.

Larqué-Saavedra, A.; Martín-Mex., R.; Nexticapan-Garcéz., A.; Vergara-Yoisura., S.; Gutiérrez-Rendón., M. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Revista Chapingo 16(3):183-187.

López., T., R., Camacho., R., V., Gutiérrez., C., M.A. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. TERRA Latinoamericana 16(1):43-48.

- Maksimov, V.I., Yarullina, G.L. 2007. Salicylic Acid and Local Resistance to Pathogens. *Salicylic Acid: A Plant Hormone*, Springer. 323- 334 pp.
- Maldonado, G.; Corchuelo, G. 1993. Dinámica de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomía Colombiana* 10(2):114-121.
- Martínez, G. M. A., Esteban, S.O.C., Saul, P. R., Carabina, L.O. 2008. Tecnología para la producción de frijol en el norte centro de México. Libro Técnico N° 4. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis, CIRNE-INIFAP. 206 p.
- Maximino, L. V., Antonio, R. C., Domingos, R.J. 2003. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. *Scientia Agrícola*. 60(3):537-541.
- Mena, C.J., Velásquez, V.R. 2010. Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades de Frijol en Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Zacatecas, Zacatecas. Folleto técnico N° 24.82 p.
- Mulligan, R.D., Patrick, W.J.1979. Gibberellic acid promoted transport of assimilates in stems of *Phaseolus vulgaris* L. *Plant: An International Journal of Plant Biology*. 145(3):233-238.
- Najafabadi, A., Amirnia, R., Hadi, H. 2013. Effect of different treatments of salicylic acid on some morphological traits and yield of white bean in salinity condition. *Journal of Applied Biological Sciences*. 7 (1): 56-60.

- Orozco-Vidal, J.A., Yescas-Coronado., Segura-Castruita, MA., Valdez-Cepeda, R., Martínez- Rubín de Celis, E., Montemayor-Trejo, JA., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P. 2011. Growth analysis of three varieties of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in an arid region of México. *International Journal of Experimental Botany*. 80: 47-52.
- Osuna, C. E. S., Acosta, G. J. A., Reyes, M. L., Martínez, G. M. A., Padilla, R. J. S., Ventura, R. E., González, G. E., Cortes, Ch. A., Garibaldi, M. F., Hernández, R. I. 2011. Tecnología para incrementar la producción de frijol de temporal en el Altiplano Semiárido de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Pabellón. Pabellón de Arteaga, Ags. México. Folleto para productores N° 44. 32 pp.
- Paez, A., Paz, V., López, J.C. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio. Efecto del sombreado. *Revista de la Facultad de Agronomía*.17: 173-184.
- Palma, F., Lluch, C., Iribarne, C., García-Garrido, J. M., Tejera, G, N. A. 2009. Combined effect of salicylic acid and salinity on some antioxidant activities, oxidative stress and metabolite accumulation in *Phaseolus vulgaris*. *Plant Growth Regulation*. 58(3):307-316.
- Popova, L., Pancheva, T., Uzunova, A. 1997. Salicylic acid: Properties, Biosynthesis and Physiological Role. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 23(2), 85–93.

- Puntieri, G.J., Gómez, A.I., 1988. Analysis of vegetative growth in two populations of amancay (*Alstroemeria aurantiaca* D. Don). *Revista Chilena de Historia Natural*. 61: 177-185.
- Quezada-Martin. Ma. R., Munguia-Lopez. J., Ibarra-Jiménez. L., Arellano García. M. A., Valdez-Aguilar. A., Cedeño-Ruvalcaba. B. 2011. Fisiología y Producción de Pimiento Morrón Cultivado con Diferentes Colores de Acolchado. *Terra Latinoamericana*. 29 (4):421-430
- Raskin, I. 1992. Salicylate, a New Plant Hormone. *Revista Plant Physiology*. 99: 799-803.
- Raven, H. P., Evert, F. R., Eichhorn, S. 1992. *Biología de las Plantas*. Editorial Reverte, S.A. Barcelona, España. Vol. 2. 751 p.
- Reza, A. R., Acosta, G. J. A. 2005. *Tecnología para Cultivar Frijol en el Estado de Guerrero*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental Iguala. Iguala, Guerrero, México. Folleto para productores N° 13. 20 pp.
- Ríos, B. M.J., Quirós, D. J. E., Arias, R.J.H. 2003. *Frijol, Recomendaciones Generales para su Siembra y Manejo*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Rionegro, Antioquia, Colombia. 34 pp.

- Rivas-San Vicente, M.; Plasencia J. 2011. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany*.1-18.
- Rulfo, V.F., Miranda, H.1972. Leguminosas de Grano, XVIII Reunión Anual, Programa Cooperativo Centroamericano Para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Managua, Nicaragua.
- Runeckles, C.V., Resh, M.H.1975. Effects of cytokinins on responses of bean leaves to chronic ozone treatment. *Atmospheric Environment*. Department of Plant Science, the University of British Columbia, Vancouver B.C., Canadá. 9(8):749-753.
- Sadava, D. 2009. Vida: La ciencia de la biología. 8 Edición. Editorial Médica Panamericana S. A. Buenos Aires, Argentina. 1376 p.
- Sadeghipour, O., Aghaei, P. 2012. The role of exogenous salicylic acid (SA) on phytohormonal changes and drought tolerance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 2(12):8-15.
- Salinas., R., N. 2010.Cultivares de frijol ejotero de diferente habito de crecimiento en función del manejo en ambientes contrastantes. Tesis de Doctor en Ciencias. Institución de Enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Texcoco, México. 89 pp.
- Sánchez-Chávez., E.; Barrera-Tovar., R.; Muñoz-Márquez., E.; Ojeda-Barrios., D.L.; Anchondo-Nájera., A. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa,

actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño.  
Revista Chapingo Serie Horticultura 17:62-68.

Sangerman-Jarquín, D. M., Jorge. A. A. G., Rita. S. R., Miguel A. D. H. Bertha. S.L.S.  
2010. Consideraciones e importancia social en torno al cultivo del frijol en el  
centro de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 1(3): 363-380.

Santella., M.; Madriz., P.; Moratinos., H.; Albarracín., M. 2001. Evaluación del  
rendimiento de siete genotipos de frijol mungo (*Vigna radiata* L. Wilczed) como  
leguminosa granífera en Maracay, Estado Aragua. Revista de la Facultad de  
Agronomía 27:67-75.

Saunders, L.J., Coto, T.D., King, S.A.B., 1998. 2ª ed .Plagas Invertebrados de  
Cultivos anuales Alimenticios en América Central. Centro Agronómico.  
Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 305 p.

Schawartz, F.H. 1982. Enfermedades de frijol causadas por hongos y su control. 2ª  
ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 56 p.

Scórzynska-Polit, E., Baszynski. T. 1995. Photochemical activity of primary leaves in  
cadmium stressed *Phaseolus coccineus* depends on their growth stages. Acta  
Societatis Botanicorum Poloniae 64(3):273-279.

Senaratna, T., D.; Touchell, E. B.; Dixon. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and  
salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant  
Growth Regulation 30:157-161.

- SIAP. 2008. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola a nivel Nacional.  
<http://www.siap.gob.mx>
- SIAP-SAGARPA. 2012. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola a nivel Nacional en modalidad de Riego y Temporal.  
<http://www.siap.gob.mx>
- Soumelidou, K., Li, H., Barnett, R. J., John, P., Battey, H. N. 1994. The Effect of Auxin and Calcium Antagonists on Tracheary Element Differentiation in *Phaseolus vulgaris* L. *Journal of Plant Physiology*. 143 (6): 717-721.
- Tamayo. M. P. J. 1995. Manejo y control de las enfermedades del frijol voluble. (*Phaseolus vulgaris* L.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Centro de Investigación "La selva" Regional N° 4. Rio negro, Antioquia, Colombia. 40 p.
- Vallejo, C.F.A., Estrada, S.E.I. 2004. Producción de Hortalizas de Clima Cálido. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 347 p.
- Vernooij, B., Friedrichya, L., Morseyb, A., Reist, R., Kolditzjawhar, R., Ward, E., Uknes, S., Kessmann. H., Ryals, J. 1994. Salicylic Acid is not the Translocated Signal Responsible for Inducing Systemic Acquired Resistance but is required in Signal Transduction. *American Society of Plant Physiologists*. 6:959-965.
- Yuan, S., Lin, H. 2007. Role of Salicylic Acid in Plant Abiotic Stress. *Verlagder Zeitschrift für Naturforschung, Tübingen* 63:313-320.