

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Evaluación del Producto SAGIB en el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento en un Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Negro San Luis

Por:

**ARACELI SÁNCHEZ ALVARADO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila, México

Septiembre del 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONO NARRO  
DIVISION DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Evaluación del Producto SAGIB en el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento en un Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Negro San Luis

Por:

**ARACELI SÁNCHEZ ALVARADO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Aprobada

Dr. Manuel De La Rosa Ibarra

Asesor Principal

Martha Vázquez Rodríguez

Dra. Silvia Yudith Martínez Amador

Coasesor

Coasesor

Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Septiembre del 2015

## **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 aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad.

**A mis padres y hermanos**, a quienes jamás encontrare la forma de agradecer el cariño, comprensión y apoyo brindados en las derrotas y logros obtenidos haciendo de este, un triunfo más suyo que mío por la forma en la que hemos compartido, solo espero que comprendan mis ideales, esfuerzos y logros, han sido inspirados por ustedes

Agradezco de manera especial al **Dr. Manuel de la Rosa Ibarra**, por aceptarme ser parte de sus tesis, por su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación. Muchas gracias doctor.

Quiero expresar también mis más sinceros agradecimientos a la **M.C Martha Vázquez Rodríguez** y la **Dra. Silvia Yudith Martínez Amador** por sus importantes aporte, debo destacar, por encima de todo, su disponibilidad y paciencia de revisar este trabajo.

**A mis amigos de la universidad en especial: Jorge, Laura, María del Rosario, Pedro, Jeremías, Mariela, Irvin**, con los cuales compartí los mejores momentos de mi vida universitaria, y a los cuales siempre los llevo en el corazón por su amistad, cariño y confianza brindada.

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres**

**A mi madre Graciela Alvarado Santizo y a mi padre Alfonso Sánchez Jiménez,** con todo mi cariño y mi amor, por ser siempre mi ejemplo de fortaleza, entrega y amor, por que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento. Los amo papitos.

**A mis hermanos Oscar, Lic. Nayeli, Ing. Adrián, Magdeli, Quim. Yonatan,** quienes han sido la guía y el camino, que con sus ejemplos, dedicación y palabras de aliento nunca bajaron sus brazos para que yo tampoco lo hiciera aun cuando todo se complicara. Gracias hermanos, por ser un gran apoyo a lo largo de mi carrera.

**A mis sobrinos Fabricio Alexander y Ángel Alejandro,** por que llenan de alegría cada día de mi vida.

**A mi esposo Eri de Jesús Pérez Sánchez** que ha sido el impulso durante toda mi carrera y el pilar principal para la culminación de la misma, que con su apoyo constante y amor incondicional ha sido amigo y compañero inseparable, fuente de sabiduría, calma y consejo en todo momento. Gracias mi amor por todos estos cinco años.

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	lii
DEDICATORIA.....	lv
INDICE DE CONTENIDO.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE CUADROS.....	vi
RESUMEN.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
HIPÓTESIS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Fitorreguladores.....	4
Ácido giberélico.....	5
Aplicación del ácido giberélico en diferentes cultivos.....	6
Ácido salicílico.....	7
Ácido salicílico y resistencia a patógenos.....	9
Aplicación del ácido salicílico en diferentes cultivos.....	10
Bioestimulantes.....	14
Efecto de los bioestimulantes en las plantas.....	15
Uso de bioestimulantes en la agricultura.....	17
Análisis de Crecimiento.....	20
Coeficiente de Partición de Biomasa (CPB).....	21
Índices de Crecimiento.....	23
Tasa de Crecimiento Relativo (TCR).....	24
Tasa de Asimilación Neta (TAN).....	24
Relacion Área Foliar (RAF).....	25
Relación de Peso Foliar (RPF).....	26
Área Foliar Específica (AFE).....	27
MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
Tasa de Crecimiento Relativo.....	37
Tasa de Asimilación Neta.....	40
Relacion de Área Foliar.....	42
Relacion de Peso Foliar.....	44
Área Foliar Especifica.....	45
Rendimiento.....	47
CONCLUSINES.....	56
LITERATURA CITADA.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
<b>Figura 1.</b> Tasa de Crecimiento Relativo de un cultivo de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	40
<b>Figura 2.</b> Tasa de Asimilación Neta de un cultivo de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	42
<b>Figura 3.</b> Relación de Área Foliar de un cultivo de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	43
<b>Figura 4.</b> Comparación de la Relación de Peso Foliar de un cultivo de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	45
<b>Figura 5.</b> Área Foliar Especifica de un cultivo de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	47
<b>Figura 6.</b> Número de vaina por planta de un cultivo de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	48
<b>Figura 7.</b> Número de semillas por vaina de un cultivo de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	50
<b>Figura 8.</b> Numero de semillas por plantas de un cultivo de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	51
<b>Figura 9.</b> Peso de semillas por planta de un cultivo de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	52
<b>Figura 10.</b> Peso del fruto por planta de un cultivo de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	53
<b>Figura 11.</b> Peso de 100 semillas de un cultivo de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	54
<b>Figura 12.</b> Kilogramo por hectárea de un cultivo de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	55

## ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
<b>Cuadro 1.</b> Análisis de Varianza y comparación de medias de los coeficientes de partición de biomasa de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	34
<b>Cuadro 2.</b> Análisis de Varianza y comparación de medias de los índices de crecimiento del frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. San Luis, asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	38
<b>Cuadro 3.</b> Análisis de Varianza y comparación de medias de los componentes del rendimiento del frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) Var. Negros San Luis, asperjados con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	49

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del producto SAGIB en el crecimiento y desarrollo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Variedad negro San Luis, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila, México. Se evaluaron 7 tratamientos con diferentes concentraciones, T1=0, T2= SAGIB-06, T3= SAGIB-06 100, T4= SAGIB-06 200, T5= SAGIB-10, T6= SAGIB-10 100, T7= SAGIB-10 200 con 3 repeticiones Y 4 muestreos con un diseño completamente al azar. Se evaluaron los coeficientes de partición de biomasa (CPB) en raíz, tallo y hoja y los índices de crecimiento, Tasa de Crecimiento Relativo (TCR), Tasa de Asimilación Neta (TAN), Relación de Área Foliar (RAF), Relación de Peso Foliar (RPF), Área Foliar Especifica (AFE). Para la variable del CPB de hoja y raíz en el tratamiento SAGIB-06 100 presentaron mayor partición de biomasa que las plantas tratadas con alguna otra concentración, teniendo un 34.84% superando al testigo. Así mismo en la TCR Y RAF la concentración SAGIB-06 100, reflejaron mejores resultados que los demás tratamientos así mismo superando al testigo. Al evaluar rendimiento se observó un incremento en Ton/Ha con la concentración SAGIB-08 al mismo tiempo incrementando vainas/plantas, N<sub>o</sub> de semillas/vaina, N<sub>o</sub> semillas/planta, Peso de semillas/planta, Peso seco del fruto/planta y Peso de 100 semillas. Los resultados obtenidos permiten concluir que la aplicación del producto SAGIB fue posible incrementar el crecimiento, desarrollo y rendimiento del frijol.

Palabras clave: Bioestimulante, coeficiente de partición de biomasa, Índices de crecimiento

Correo Electronico: Araceli Sánchez Alvarado, [ara\\_090290@hotmail.com](mailto:ara_090290@hotmail.com)

## INTRODUCCIÓN

El uso de bioestimulantes en la agricultura en la actualidad es uno de los factores claves en el aumento de la productividad, por más de 15 años se han realizado investigaciones en países como Estados Unidos, Rusia, China, Alemania, Cuba, España, Japón, entre otros. Es por esto que se han desarrollado productos que proveen a la planta de suplementos adicionales como los bioestimulantes con hormonas u otros compuestos y con estos poder soportar mejor, ciertas condiciones adversas al desarrollo del cultivo. Los bioestimulantes, son utilizados por el éxito económico y los beneficios rápidos para el agricultor, favoreciendo la calidad y cantidad de la producción, inducción de la floración, incremento del tamaño de los frutos (Valencia, 2012). Los bioestimulantes son aquellos productos que son capaces de incrementar el desarrollo, la producción y crecimiento de los vegetales. En los últimos años se ha potenciado el uso de bioestimulantes foliares con el propósito de incrementar los rendimientos agrícolas del cultivo (López y Pouza, 2014).

Los bioestimulantes incrementan significativamente el rendimiento en diferentes cultivos, como la soya, Stailin (2009) aplicó Eco-Hum Ca-B y Biozyme TF en soya y obtuvo mejor promedio de rendimiento en comparación de un tratamiento testigo. Así también Rodríguez y Castillo (2012) demostraron que la aplicación de biobras-16 como bioestimulantes foliares en el cultivo de pepino logró incrementar la longitud de las plantas en las dos épocas de siembra a los 15, 27 y 39 días después del trasplante, obteniéndose los mejores resultados para uno y otro período experimental en el tratamiento.

En el cultivo de frijol Arroyo (2012) al trabajar con bioestimulantes BIOZYME T.S. y BIOZYME P.P. en diferentes dosis, determinó un incremento en el porcentaje de emergencia inicial, en comparación del testigo. Por otra parte, Elein *et al.* (2013) demostraron que el producto Economic+Fitomas-E ejercen un efecto positivo en el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo de frijol.

El frijol es la base de la dieta alimenticia de los mexicanos. Las causas que impiden el aumento por hectárea de esta leguminosa, están relacionados con la baja calidad de los suelos, así mismo presentando una disminución en el rendimiento al producirlo en el periodo temporal, y en consecuencia los agricultores se ven afectados en la rentabilidad del cultivo.

Se están utilizando nuevas técnicas en la producción de cultivos, con el fin de aumentar su rendimiento como el uso de bioestimulantes. El producto SAGIB representa una opción para incrementar el rendimiento, beneficiando a los productores con el fin de obtener un mayor rendimiento, y mayor ingreso económico.

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del producto SAGIB en un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Var. Negro San Luis para incrementar su crecimiento, desarrollo y rendimiento.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Evaluar el producto SAGIB en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Var. Negro San Luis, para comparar los índices de crecimiento con respecto a las plantas testigo.

-Evaluar el efecto del producto SAGIB en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Var. Negro San Luis, en los coeficientes de partición de biomasa de un cultivo.

-Evaluar el producto SAGIB en un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Var. Negro San Luis, para mejorar los componentes del rendimiento de las plantas tratadas.

## HIPÓTESIS:

La aplicación del producto SAGIB incrementará el crecimiento, desarrollo y rendimiento de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Var. Negro San Luis.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Fitoreguladores

Las hormonas vegetales son compuestos que son sintetizados por las plantas en concentraciones micro molares o menores, las cuales provocan respuestas fisiológicas específicas ya sea en forma local o bien son traslocadas a otras regiones de la planta para modificar su crecimiento y desarrollo.

Las hormonas también pueden considerarse esenciales en la fisiología vegetal ya que si estas no son producidas, en balance entre estas y/o utilizadas oportunamente en el sitio de acción correspondiente, hace que la planta se desbalance en su crecimiento y desarrollo provocando alteraciones en la fenología de los cultivos, así como drásticas alteraciones en la producción, calidad de los mismos, así como en la posibilidad de preservar la especie. (Yáñez, 2002).

Así mismo gran parte de las fitohormonas, son utilizadas como una técnica agronómica para optimizar la producción en las diversas culturas, así también las fitohormonas son parte del grupo de sustancias de plantas llamadas hormonas Vegetales (Durval *et al.*, 2004). Por otra parte Raven *et al.*, (1992) mencionan que 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.

El termino 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 o fitohormonas son moléculas que actúan sobre el sistema génico, reprimiendo o desreprimiendo genes que, a su vez, sintetizan moléculas que aceleran o inhiben aspectos del desarrollo (Silva *et al.*, 2001). Así mismo Barrea-Ortiz *et al.* (2012), mencionan que los reguladores son moléculas fundamentales en la modulación de diversos procesos del desarrollo de las plantas, incluyendo la germinación, la senescencia, la arquitectura de la raíz y del follaje.

#### Ácido giberélico

El ácido giberélico fue encontrado por primera vez de un hongo parásito que causaba un crecimiento anormal de las plántulas de arroz. Luego se descubrió que era una hormona natural de crecimiento de muchas plantas en la cual una de las funciones del ácido giberélico es estimular la floración de las plantas de días largos y en bienales, elongación de brotes, regulación de la producción de enzimas de las semillas de cereales (Raven, *et al.*, 1992).

Entre los fitorreguladores actualmente registrados para su uso en la agricultura, el ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) es el que ha demostrado una mayor versatilidad, modificando o controlando diferentes procesos fisiológicos (Gravina, 2007).

Por otra parte Maillard y Escaff (2004), mencionan que al ser aplicado el ácido giberélico en diferentes concentraciones en las plantas, como es el caso de 50 ppm de AG<sub>3</sub> llega a aumentar el rendimiento en un periodo más corto en el cual induce la precocidad.

## Aplicación del ácido giberélico en diferentes cultivos

Para entender el papel de los compuestos del ácido giberélico, se estudiaron los efectos del AG<sub>3</sub>, ASA y del IBA en el crecimiento y rendimiento del guisante. Se aplicó ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) a 50 y 100 ppm, ASA a 10 y 20 ppm y indol-3-butyric ácido (IBA) en 3 50 y 100 PPM en guisante (*Pisum sativum L.*) cv Prgress mog. Los reguladores de crecimiento se aplicaron como pulverización foliar a 25 y 35 días después de la siembra. La aplicación de reguladores de crecimiento aumentó significativamente en comparación con la altura de planta en 3 plantas de control y la superioridad se debió a AG<sub>3</sub> en 100 ppm en las tres fechas de muestreo (21, 45 y 70 días de la siembra) en ambas temporadas (Amal y Amira, 2009).

Un estudio realizado por Ngatia *et al.*, (2004) para determinar el efecto de los niveles y el calendario de aplicación de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en los componentes de crecimiento y rendimiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*), encontraron que el ácido giberélico al ser pulverizado a 0, 2.5, 5.0 y 7.5 mg l<sup>-1</sup> para las plantas de frijol enteros a los 7, 14 o 28 días después de la emergencia (DAE) el efecto de AG<sub>3</sub> y el calendario de aplicación de los componentes del crecimiento, el rendimiento fue significativa. Las aplicaciones de GA<sub>3</sub> llevaron a una mayor altura de la planta, índice de área foliar (IAF), fraccionada intercepción de radiación solar, raíz y la masa seca total. También aumentó el rendimiento por planta, vainas por planta, masa de 100 semillas y el índice de cosecha. Los mayores rendimientos de semilla fueron equivalente a 1854 kg ha<sup>-1</sup> en 1997 y 5890 kg ha<sup>-1</sup> en 1998. Estos rendimientos son altos en comparación con los rendimientos medios nacionales de 500 kg ha<sup>-1</sup>. Las

diferencias significativas en los parámetros medidos se observaron generalmente a 14 DAE tratadas con AG<sub>3</sub>.

Así mismo 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 la aplicación de AG<sub>3</sub> acelera la floración en el cultivo de limón en todos los tratamientos en comparación con el control, en plantas no tratadas. El rango de aceleración floración fue de 8,7% para el grupo 4 al 13,5% de grupo 2 La aceleración promedio para todos los tratamientos fue de 17,2 días (11,5%). La aplicación AG<sub>3</sub> a los 33 días de la siembra (grupo 3) se tradujo en el porcentaje más alto de aceleración de la floración, con 10 tallos producidos por el grupo tratado 3 semanas antes que por el control. (Garner y Armitage, 1996).

### Ácido salicílico

El ácido salicílico (AS) es muy conocido gracias al extenso uso clínico de la aspirina o ácido acetilsalicílico. El nombre de ácido salicílico proviene de *Salix*, el árbol cuyas hojas y corteza tradicional se utilizaban como cura para el dolor y fiebre, y de donde Johann Buchner en 1828 aisló la salicina. En 1874 se inició la producción comercial

de AS en Alemania, mientras que el nombre comercial de aspirina, aplicado al ácido acetilsalicílico fue introducido en 1898 por la Bayer Company (Raskin, 1992).

El uso de biorreguladores del crecimiento es una práctica para mejorar el rendimiento y calidad de los cultivos. Actualmente se ha considerado al ácido salicílico un biorregulador del crecimiento de las plantas (Sánchez-Chávez *et al.*, 2011).

Así mismo las hormonas vegetales o fitorreguladores ofrecen una magnífica oportunidad para mejorar los sistemas de producción, entre esas hormonas se encuentra el ácido salicílico. Estas sustancias son únicas en su característica de ser absorbidas por el tejido vegetal y transportadas a un sitio de reacción antes de inducir un efecto deseado (Ramírez, 2012).

El ácido salicílico es un compuesto encontrado en todos los tejidos de las plantas. Su concentración se eleva cuando las células, órganos o plantas completas son sometidas a la acción de alguna clase de estrés sea este biótico o abiótico. En esas situaciones el ácido salicílico participa en forma importante en la cascada de señalización que da lugar a las respuestas de adaptación en ambientes extremos, a la expresión de los sistemas de control del daño oxidativo así como a la inducción de la resistencia sistémica adquirida en el caso de patogénesis. Actualmente se cuenta con análogos funcionales del ácido salicílico que se utilizan con éxito a nivel comercial en el control y prevención de ciertos patógenos. Por otra parte, aunque el ácido salicílico imparte cierta resistencia al estrés causado por temperaturas extremas, por presencia de metales pesados y por herbicidas sus aplicaciones en el alivio del estrés ambiental (Mendoza, 2006).

Se ha encontrado que las aplicaciones exógenas de ácido salicílico inducen proteínas de resistencia con relaciones en las plantas y que el ácido salicílico es un importante mensajero endógeno en plantas termogénicas, junto con el desarrollo de métodos analíticos para cuantificar sus niveles endógenos en los tejidos vegetales. Así también el ácido salicílico promueve la floración en combinación con otras moléculas reguladoras (por ejemplo, giberelinas) (Raskin, 1992).

#### Ácido salicílico y resistencia a patógenos

El ácido salicílico según, Yaxi *et al.*, (2010), es considerado como una hormona necesaria para una defensa de la resistencia adquirida, tanto local como sistémica (SAR) en las plantas. Las infecciones por patógenos inducen la síntesis de AS a través de la expresión de la sintasa de isocorismato 1 (ICS1) que codifica una enzima clave en la producción de AS. El ácido salicílico es conocido como una sustancia importante, que induce a la resistencia sistémica adquirida frente a los patógenos de las plantas, (Seong-Jin, 2004). De igual manera Rangel *et al.* (2010), mencionan que las respuestas de las plantas contra el ataque de patógenos, resultan en cambios importantes en los niveles de varias fitohormonas dentro de las cuales el ácido salicílico juega un papel muy importante. El AS ha sido más conocido por su actividad regulatoria en plantas sin embargo, su participación como una molécula de señalización en plantas, ha llegado a ser evidente durante las últimas décadas.

La resistencia adquirida (RAS) depende de un señalizador o señalizadores aun no identificada que se mueven de forma sistemática entre los diferentes órganos de la planta. La aplicación exógena de AS da lugar a una respuesta de RAS por la cual se dice que el AS funciona como activador o inductor de este proceso. De hecho en el

tabaco la aplicación de AS o de partículas de virus del mosaico del tomate (TMV) da lugar a la inducción de prácticamente las mismas proteínas de defensa (Kang *et al.*, 1998).

Por otra parte Mendoza (2006), menciona que el AS es un compuesto encontrado en todos los tejidos de las plantas. Su concentración se eleva cuando las células, órganos o plantas completas son sometidas a la acción de alguna clase de estrés sea este biótico o abiótico. En esas situaciones el ácido salicílico participa en forma importante en la cascada de señalización que da lugar a las respuestas de adaptación en ambientes extremos, a la expresión de los sistemas de control del daño oxidativo así como a la inducción de la resistencia sistémica adquirida en el caso de patogénesis.

#### Aplicación del ácido salicílico en diferentes cultivos

El ácido salicílico es un regulador de crecimiento que aumenta la productividad en las plantas. Los experimentos llevados a cabo con plantas ornamentales u hortícolas en invernadero o en aire libre han demostrado claramente que responden a este compuesto. Además, se necesitan menores cantidades de ácido salicílico para establecer respuestas positivas en las plantas. El efecto sobre las plantas se expresa como el aumento de tamaño de la planta, el número de flores, área de la hoja 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 es principalmente debido al efecto positivo de ácido salicílico en longitud de la raíz y su densidad (Larque-Saavedra y Martin-Mex, 2007).

Los usos del ácido salicílico en la agricultura han tenido gran importancia económica en el incremento de la producción y como inductor a tolerancia de algunos cultivos como, en frijol mungo, en la tolerancia a la salinidad inducida por la aplicación de AS. Se encontró que la concentración 0.5 Mm de AS alivia la salinidad, inhibe la fotosíntesis y el rendimiento a través de una disminución de  $\text{Na}^+$   $\text{Cl}^-$   $\text{H}_2$   $\text{O}_2$ , y el contenido de TBARS, y una fuga de electrolitos y un aumento de N, P, K, Ca y el contenido, la actividad de enzimas antioxidante, y el contenido de glutatión, (Khan *et al.*, 2003).

Así mismo Acosta-Díaz *et al.*, (2004) realizaron un trabajo demostrando mediante aplicaciones de AS en el cultivo de frijol sometido a sequía en etapa reproductiva, en el cual se obtuvieron respuestas de una adaptación fisiológica positiva a la sequía aparte de un alto índice de cosecha y un mayor potencial de rendimiento de la semilla.

En la aplicación de ácido salicílico en pepino estimuló una mayor precocidad en las plantas tratadas con  $1 \times 10^{-7}$  M que las plantas testigo, así mismo permitiendo obtener antes la producción de pepino que las plantas testigos (Ramírez, 2012).

Por otro lado se ha estudiado el efecto de aplicaciones en bajas concentraciones de ácido salicílico en el número de flores y la fecha del inicio de floración en petunia (*Petunia hybrida*). Se asperjaron concentraciones de 1 mM a 1pM de ácido salicílico en tres ocasiones, a plántulas cultivadas en condiciones de invernadero. Los análisis de los resultados mostraron que todas las concentraciones probadas de ácido salicílico incrementaron el número de flores abiertas por planta. Concentraciones tan bajas como de 1pM ó 0.1nM indujeron respuestas positivas en 33 % y 37 %, en

comparación con el testigo. La concentración más alta, de 1 mM, aumentó no sólo el número de flores en 72 %, sino también indujo la floración seis días (Martin-Mex, *et al.*, 2010).

En el cultivo de trigo se demostró que la aplicación de ácido salicílico aumentó el número de granos por espiga en 4 y 1.3 más con respecto al testigo con los tratamientos  $1 \times 10^{-4}$  y  $1 \times 10^{-6}$  M. además se incrementó el rendimiento agronómico en 15.22% con respecto al testigo con el tratamiento  $1 \times 10^{-6}$  M (López, *et al.*, 1998).

Así mismo Larque-Saavedra *et al.*, (2010) demostraron que en plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) asperjadas con concentraciones bajas de ácido salicílico para estimar su efecto en el crecimiento de la raíz y del tallo el ácido salicílico incremento significativamente la altura, el área foliar, el peso fresco y seco del vástago, así como la longitud, el perímetro y el área de la raíz. El tratamiento de 1  $\mu$ M de AS, incrementó la longitud de la raíz 43 %, 14.8 % el tamaño del tallo y 38.6 % el área foliar en comparación con el control.

También al evaluar el efecto del ácido salicílico en la bioproduktividad de fresa (*Fragaria ananassa*) variedad Aromosa de día corto. En Plántulas de 20 días cultivadas en un invernadero fueron asperjadas una vez por semana en ocho ocasiones, con soluciones de ácido salicílico preparadas: 1, 0.01, 0.0001  $\mu$ M o agua como control. Los resultados registrados después de 40 días de iniciados los tratamientos demostraron que las plántulas asperjadas a las concentraciones probadas incrementaron la altura de la planta de fresa, así como el número de hojas, flores y frutos. El tratamiento de  $1 \times 10^{-4}$   $\mu$ M de AS incrementó 23% el número de frutos en comparación con el control (Anchondo-Aguilar *et al.*, 2011).

Al igual Rodolfo-Martin y Larqué-Saavedra, (2003), demostraron que el AS aplicado en forma foliar en concentraciones  $1 \times 10^{-6}$  y  $1 \times 10^{-8}$  aumento la biomasa de las plántulas de pepino Europeo.

También Guzmán-Antonio *et al.*, (2012) estudios realizados sobre el uso de diferentes dosis de ácido salicílico en cultivos como en pino, crisantemo (*Catharanthus roseus*) y tomate mostraron incrementos en la producción de MSR.

Se han realizado investigaciones en el cultivo de trigo con tres variedades que el AS muestra una gran influencia sobre el rendimiento. Para la variedad altar C84 la dosis de  $10^{-5}$  M arrojó los mejores resultados con incrementos de 900 kg ha en relación al testigo y en oasis F86 Y Opata M85 la dosis de  $10^{-4}$  M fue la mejor, con aumentos de 500 kg ha de diferencia (López *et al.*, 1998).

Por otra parte, los estudios sobre ácido salicílico en plantas se han enfocado al conocimiento de resistencia sistémica inducida; la forma indirecta de evaluar dicho efecto en correlacionarlo con el crecimiento y desarrollo de los cultivos. De esta forma se ha encontrado que, el AS aplicado de forma exógena en concentración de  $10^{-2}$  a  $10^{-8}$  M aumento la biomasa de plantas de soya (Gutiérrez-Coronado *et al.*, 1998), en tomate var. Daniela propagado in vitro, el ácido salicílico  $10^{-5}$  M, retardó la formación del sistema radical de las plantas (Enríquez *et al.*, 2001).

EL AS  $10^{-6}$  M reducen el número de hojas, peso fresco y peso seco en repollo, (Ramírez *et al.*, 2006). En un resumen de resultados, Benavides (2004), reporta que el ácido salicílico aplicado a la semilla, en lechuga romana aumento la tasa y velocidad de germinación en condición de baja temperatura y medio salino; en tomate, cebolla, lechuga, betabel y melón aumentó la germinación de la semilla en medio salino. El AS aplicado vía foliar en cebolla, aumentó la biomasa y diámetro de

bulbo; en banano; incrementó la altura y área foliar total; en melón cantaloupe aumentó el diámetro de tallo y longitud de guía; en papa indujo mayor número de tubérculos, pero no mayor peso, y en lechuga romana var. Great lakes, disminuyó la biomasa. El AS y ácido sulfosalicílico aplicado al sustrato, aumentó la tolerancia a bajas temperaturas en chile serrano.

### Bioestimulantes

En la última década y con el objeto de hacer más eficiente los sistemas productivos, distintas industrias agroquímicas han puesto en el mercado distintos complejos nutritivos que contienen micronutrientes, aminoácidos, extractos vegetales y/o fitohormonas, los cuales se han denominado “promotores de crecimiento o bioestimulantes” (Epuin, 2004). Éstos se comercializan en una variedad de formulaciones y con múltiples ingredientes, pero son generalmente clasificados en tres grandes grupos basados en su origen y composición. Estos grupos incluyen sustancias húmicas, productos que contienen fitohormonas y productos que contienen aminoácidos (Kauffman *et al.*, 2007).

La utilización de productos que ejercen funciones biorreguladoras y bioestimuladoras en el crecimiento de los cultivos constituye la base de la fertilidad del suelo. Asimismo, estos productos presentan un triple aspecto: físico, químico y biológico (La Casa, 1990).

Ortiz *et al.*, (1995) mencionaron que el uso de bioestimulantes con base a hormonas vegetales y nutricionales es una práctica complementaria que favorece la nutrición de las plantas y que incrementa el rendimiento y la producción de los cultivos. Cuando

los bioestimulantes se aplican a diferentes cultivos son capaces de aumentar los rendimientos, mejorar la resistencia al frío y la tolerancia a la salinidad (Núñez y Mazorra, 2003). Dentro de este grupo se encuentra una serie de productos que tienen en común la mejora del estado vegetativo de la planta sobre la cual se aplican.

Se ha demostrado que, en especial, los bioestimulantes son eficientes cuando la planta ha sido sometida a periodos de estrés; por otra parte los investigadores plantean que las plantas tienen entre 40% y 65% de eficiencia en el uso de nutrientes, es necesario un incremento del 70 y 80% para lograr satisfacer la demanda de alimentos en los próximos 30 años, y para alcanzar esta cifra los productos más importantes que figuran son los bioestimulantes (Montano *et al.*, 2007).

#### Efecto de los bioestimulantes en las plantas

Weaver, (1980) afirma que se han desarrollado productos bioestimulantes que incrementan la actividad enzimática y el metabolismo vegetal con estimulación y síntesis clorofílica, consiguiendo un notable aumento de sustancias protéicas, carbohidratos, vitaminas y hormonas de crecimiento. Además dice que los bioestimulantes son compuestos a base de hormonas vegetales, fracciones metabólicamente activas y extractos vegetales conteniendo muchísimas moléculas bioactivas; usados principalmente para estimular el rendimiento.

Según estudios realizados por Schmidt *et al.*, (2003) y Butler y Hunter (2008) los bioestimulantes producen condiciones para mejorar la tolerancia a estreses tales como alta salinidad, falta o exceso de agua, invasión de nematodos, infección de

enfermedades, toxicidad de herbicidas y sombra producida en condiciones de alta competencia entre plantas. Respecto de esto último Zhang y Schmidt (1999) señalan que los bioestimulantes otorgan tolerancia al estrés en parte, por estimular el crecimiento radical y en parte por promover la actividad antioxidante en la planta. Un mayor crecimiento radical, representa un crecimiento en campo más rápido y una mejor habilidad para combatir y resistir insectos, enfermedades y otras tensiones físicas o mecánicas. Por lo demás, las plántulas presentan mayor precocidad y una mejor producción de materia seca total. El mayor desarrollo radical favorece que las plantas puedan arraigarse antes en terreno definitivo, con menor estrés al trasplante, debido a que tienen mayor área de absorción de agua y nutrientes (Silva, 2007).

Los bioestimulantes son una variedad de productos, que contienen principios activos, directamente utilizables tales como reguladores de crecimiento, sustancias húmicas, aminoácidos, etc. en pequeñas cantidades aumentan, inhiben o modifican, de una u otra forma, cualquier proceso fisiológico de la planta (Ruiz *et al*, 2009). Lo cual contribuye a mejorar la resistencia de las especies vegetales, ante diversas enfermedades y al incremento de los rendimientos (Jiménez *et al*. 2008).

Por lo tanto, los estudios sobre la aplicación de bioestimulantes en la agricultura se centran principalmente en sus efectos sobre la fisiología de las plantas y el metabolismo, en vez de tratar de identificar su composición exacta. Esto significa identificar los objetivos de las biomoléculas y las respuestas de la planta (Amanda *et al.*, 2009).

## Uso de bioestimulantes en la agricultura

Se ha aplicado el bioestimulante Vitazyme en cultivos de cacao a los dos años de plantado se ha registrado grandes beneficio, en el número de flores se obtuvo 9688 flores por planta con el bioestimulantes y 5855 sin el bioestimulante, además en los frutos logrados por la planta se tuvo 121 frutos con bioestimulantes y 70 sin bioestimulante, pero también el efecto se registró en el número de frutos cosechados teniendo 52 frutos por planta con el bioestimulante y 21 frutos sin bioestimulantes, teniendo un aumento notable de la cosecha total (Matos *et al.*, 2010).

Tapia y Arévalo (2008), al trabajar con un cultivo de maíz al aplicar Rady max, y Rootplex con el cual tuvieron mayor número de mazorcas por planta, mayor longitud y peso de raíz. Con el producto Rootplex se alcanzó mayor número de hileras de grano por mazorca teniendo como resultados finales mayores rendimientos de grano 10.176; 9.84 y 9.773 t/ha; con incrementos de 27.26%; 23.06% y 22.22%, en comparación al testigo carente del bioestimulante.

En un cultivo de papa al aplicar los bioestimulantes Cytozyme y Humiforte se obtuvieron los siguientes resultados, 64% del peso seco total de la planta correspondió al peso del tubérculo en comparación al testigo donde solo fue el 41%, evidentemente con estos resultados se incrementó el rendimiento de papa, con el tratamiento de Cytozyme se tuvo 23, 025 kg/ha y con el tratamiento de Humiforte se tuvo 24,100 kg/ha (Ortiz *et al.*, 1995).

Se han aplicado bioestimulantes en distintos cultivos como en tomate y pepino que se aplicó Fitomas el cual tuvo un incremento de 118% y 145% en el número de flores

respectivamente, por otra parte los resultados también están reflejados en un incremento en el rendimiento de 333% en tomate y 145% en el pepino comparado con el testigo (Villar *et al.*, 2005).

En tomate se aplicó Biobras-16, donde se alcanzó un mejor rendimiento, estos se vieron reflejados en los resultados del diámetro de los frutos que alcanzaron 6.21 cm., superando al tratamiento testigo donde se obtuvo una medida de 5.06 cm. También en el peso del fruto se nota las diferencias que se tiene al aplicar el producto Biobras-16 teniendo estos resultados 126.30 gr. contra el testigo que peso 96.80 gr. Con estos datos se tiene una diferencia de 29.5 gr favoreciendo al bioestimulante Biobras-16 (González, 2009).

También en el cultivo de tomate se aplicó el bioestimulante Liplant el cual tuvo resultados favorables, en el número de racimos tuvo 7.13 por planta a comparación con el testigo de un 3.63 por planta, en el número de frutos por planta se tuvo 13.50 y el testigo tuvo 8.5 frutos por planta, al comparar el resultado del bioestimulante con el testigo tenemos un incremento notable en la producción de tomate, ejerciendo un efecto positivo en este cultivo (Ruíz *et al.*, 2009).

Jiménez-Artiaga *et al.*, (2013) al trabajar con un cultivo de lechuga encontraron que al aplicar el bioestimulante Quitosana, aumentó el rendimiento de la lechuga de un 15.6 kilogramos por  $m^2$  con el bioestimulante y 10.3 kilogramos por  $m^2$  sin el bioestimulante, teniendo así un aumento benéfico en el rendimiento al aplicar Quitosana.

El melón no ha sido la excepción de los bioestimulantes, se han aplicado algunos como Agroestin y Enerplant, en el primer bioestimulantes se obtuvieron mayor longitud de frutos, mientras que con el segundo bioestimulante se obtuvieron mayor diámetro. Los efectos de estos bioestimulantes no solo se ven en la longitud y diámetro sino también en el peso del fruto en donde estos alcanzaron un peso promedio de 1.12 y 1.24 kilos por fruto, también en los rendimientos por planta se tuvo un aumento, ya que se produjo en promedio 5.8 y 6.7 frutos por planta de melón con los dos bioestimulantes (Orellana, 2013).

Los beneficios de los bioestimulantes también se ha reflejado en el cultivo de tabaco con la aplicación de Fitomas-E, obteniendo un incremento en la anchura de la hoja de un 26.5 cm. en comparación con el testigo que obtuvo 23 cm, en el rendimiento con el bioestimulante se obtuvo 1500 cm en comparación con el testigo que se tuvo 1000 cm de área foliar total (Mariña *et al.*, 2010)

Así mismo Zuaznabar *et al.*, (2013) al aplicar el bioestimulante Fitomas-E en caña de azúcar, obtuvieron un incremento en la altura de la planta, con el bioestimulante obtuvo 2.80 metros mientras que el testigo alcanzo 2.48 metros, este aumento se vio reflejado en el rendimiento total del cultivo de caña con el bioestimulante se registró 81.25 toneladas por hectárea mientras que el testigo fue de un 65.50 toneladas por hectárea, teniendo así un aumento de 15.75 toneladas por hectárea favoreciendo la aplicación del bioestimulante Fitomas-E.

En un cultivo de frijol se aplicó el bioestimulante Fitomas-E con el que se obtuvo un buen aumento tanto en la longitud del fruto como en el rendimiento total, en la longitud del fruto se registró 11.81 cm. con el tratamiento de Fitomas-E comparado

con el testigo que registro 8.71 cm. por lo consiguiente en el rendimiento total se obtuvo un mayor aumento, con el bioestimulante se registró 1.54 toneladas por hectárea y sin el bioestimulantes se registró 0.62 toneladas por hectárea (Méndez *et al.*, 2011).

### Análisis de Crecimiento

Iwaki *et al.* (1996), mencionan que las técnicas usadas para cuantificar los componentes del crecimiento son conocidas, en forma general, como “Análisis del crecimiento”. Tales procedimientos representan la primera etapa en el análisis de la producción primaria y constituye la forma más práctica de evaluar la producción fotosintética neta.

Así también Radford (1967) menciona que el análisis del crecimiento es el uso de fórmulas más común que se derivan y todos los supuestos necesarios que intervienen en su derivación se explican. Los peligros del uso indiscriminado de estas fórmulas se resaltan y se dan recomendaciones sobre la selección de los apropiados en una situación dada. Se hace una distinción entre la técnica tradicional que consiste en el cálculo de las tasas de crecimiento, medias, etc. durante períodos de tiempo y un enfoque alternativo que permite un rastreo continuo de los cambios con el tiempo a realizar.

El análisis de crecimiento ha tratado de explicar matemáticamente la velocidad de acumulación de materia seca en función del tiempo y la eficiencia del dosel vegetal (Escalante-Estrada y Kohashi-Shibata, 1993).

Por otra parte, Herrera *et al.*, (2006) mencionan que 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 permitan cuantificar el crecimiento total por órgano, la deficiencia del área foliar y la distribución de asimilados entre los distintos órganos de la planta.

#### Coeficiente de Partición de Biomasa (CPB)

Es la producción de biomasa asignada a hojas, tallos y raíz. Para analizar el CPB se expresa en porcentaje indicando en gramos la cantidad de materia que se envía a cada órgano de la planta. Para obtener el CPB de hoja se expresa  $PS_{Hoja}/PS_{Total}$ , permite cuantificar la biomasa que fue enviada para la formación de este órgano a partir de la biomasa total producida durante la fotosíntesis. Para obtener el CPB de tallo se expresa  $PS_{Tallo}/PS_{Total}$ , el coeficiente de partición de biomasa del tallo permite cuantificar la biomasa que fue enviada para la formación de este órgano a partir de la biomasa total durante la fotosíntesis y para raíz se expresa  $PS_{Raiz}/PS_{Total}$ , permite cuantificar la biomasa que fue enviada para la formación de la raíz a partir de la biomasa total producida durante la fotosíntesis.

En cultivos de habas el coeficiente de reparto de la biomasa aérea entre tallos y hojas, antes de la floración alrededor del 48% de la biomasa aérea fue translocada hacia los tallos y el 52% restante, hacia las hojas. Entre la floración y la formación de la primera vaina esta fracción decreció en forma variable para las distintas fechas de siembra. Pero como el número de nudos y hoja continúan incrementándose durante este periodo, al tratarse de un cultivo de crecimiento indeterminado, no se observó fase de meseta en la acumulación de biomasa de hojas y sólo se hizo evidente al

principio de la fase de formación de vainas. Esto se produce por el aumento de la senescencia que llega a compensar o superar el crecimiento de hojas (Confalone, 2008).

Según Carranza *et al.*, 2008 reportaron en brócoli, que el 32,72% y 30% de la masa seca se distribuyó en el tallo; el 45,28% y el 30%, en las hojas; el 22% y el 17,83%, en la raíz en las etapas vegetativas y reproductivas, respectivamente. En repollo se distribuyó el 28,41% en el tallo; el 65,28%, en las hojas y el 6,31%, en la raíz.

En fresa se observó que la concentración creciente de sales en el suelo tuvo como consecuencia el incremento relativo en la acumulación de materia seca en las raíces de las plantas tratadas con NaCl, dado que el peso de los órganos que conforman la parte aérea se redujo; también se observa una notable reducción en la acumulación de biomasa en los frutos (Casierra-Posada y García, 2005).

En plantas de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey) se pudo establecer que las deficiencias de N y K reducen en alta proporción el área foliar y la masa de la planta, mientras que las deficiencias de P afectan el patrón de distribución de la biomasa, al favorecer la mayor acumulación en la raíz. En general, las deficiencias de macronutrientes afectan de forma drástica la distribución de la materia seca en los órganos vegetativos de la planta (Cabezas y Sánchez, 2008).

Analco,(2014)) al trabajar con frijol AN10 al evaluar el coeficiente de partición de biomasa observó 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.

Así mismo Zavala, (2014) al trabajar con el cultivo de frijol va. AN10 al aplicar diferentes concentraciones de ácido salicílico, observo que el coeficiente de partición de biomasa, al transcurrir el tiempo las plantas de frijol destinaban mayor biomasa para la formación de la hoja, donde los tratamientos de AS, fue el que provocó mayores valores superando en un 4.91% al testigo.

### Índices de Crecimiento

El Análisis de crecimiento, se refiere al uso de métodos cuantitativos que describen todo el sistema de la planta con crecimiento bajo condiciones naturales, seminaturales o controladas. El análisis de crecimiento provee la capacidad para interpretar la forma y función de la planta (Hunt 2003).

Para estimar los índices de eficiencia en el crecimiento es necesario obtener el peso seco de las plantas, órganos y área foliar en intervalos de tiempo durante el desarrollo del vegetal (Radford, 1967; Hunt, 1981; Beadle, 1988), lo cual brinda información más precisa de la eficiencia con que las plantas acumulan y translocan lo fotosintetizado.

Para realizar un análisis de la productividad de una planta en función a su crecimiento se requiere de dos principios la medida del material existente, la medida del sistema asimilativo de este material para medir los índices de crecimiento se tomara en cuenta: tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta

(TAN), relación de área foliar (RAF), relación de peso foliar (RPF), área foliar específica (AFE), Taza de crecimiento del fruto (TCFruto).

#### Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

Se define como el incremento de materia vegetal por unidad de materia vegetal presente, por unidad de tiempo. Representa la eficiencia de la planta como productora de nuevo material. Unidades en que se expresa es  $g * g^{-1} * dia^{-1}$ . Matemáticamente se expresa como:  $TCR = (\ln PS2 - \ln PS1) / (t2 - t1)$ .

Apáez-Barrios *et al.* (2011), al evaluar los índices de crecimiento en plantas de frijol chino con espaldera convencional en el clima cálido encontraron los valores más altos de TCR, presentándose en la etapa de la emergencia hasta los 29 días después de la siembra y tendieron a disminuir a la madurez fisiológica.

Así también, al evaluar la Tasa de Crecimiento Relativo, Ghamari y Ahmadvand (2013) en un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) encontraron los valores más altos de la TCR presentándose al principio del cultivo y van disminuyendo conforme va pasando el tiempo, en el que los valores más altos se encuentran al principio de la investigación.

#### Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Es el crecimiento de material vegetal por unidad de 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. Unidades en que se expresa son:  $g * cm^2 * dia^{-1}$ . Matemáticamente:  $TAN = ((PS2 - PS1) / (T2 - T1)) * ((\ln F2 - \ln F1) / (AF2 - AF1))$ .

En un estudio de TAN en papa este resultado fue variable: fluctuó entre 0.01 y 0.10  $\text{g} * \text{cm}^2 * \text{dia}^{-1}$  durante la etapa vegetativa (7 a 14 días), aumentó a 0.17-0.30  $\text{g} * \text{cm}^2 * \text{dia}^{-1}$  al inicio de la tuberización (28 a 50 días), fue de 0.21-0.57  $\text{g} * \text{cm}^2 * \text{dia}^{-1}$  durante la tuberización (57 a 64 días), y a partir de los 70 días disminuyó rápidamente hasta ser nula. Durante la etapa vegetativa (7-14 días) los genotipos C-771A11 y puebla tuvieron menos eficiencia fotosintética (0.011 a 0.023  $\text{g} * \text{cm}^2 * \text{dia}^{-1}$ ); no obstante, entre los 14 y 57 días, destacaron los genotipos Alpha y C-771A11 porque mantuvieron la máxima tasa fotosintética y mostraron un incremento considerable de ésta, respectivamente, con relación a los demás genotipos (Mora-Aguilar *et al.*, 2006).

Hernández *et al.*, (2008) al evaluar la tasa de asimilación neta encontraron que la mayor cantidad de  $\text{g} * \text{dm}^{-2} * \text{día}^{-1}$  en un cultivo de frijol variedad Bat-304, los mayores valores de TAN en este trabajo se observaron en el inicio de la etapa vegetativa, disminuyendo durante el período de floración.

#### Relación Área Foliar (RAF)

Es la proporción de sistema asimilativo por unidad de materia vegetal presente en un instante de tiempo. Se expresa en  $\text{cm}^{-2} * \text{g}^{-1}$ . Matemáticamente como:  $\text{RAF} = ((\text{AF1}/\text{PS1}) + (\text{AF2}/\text{PS2}))/2$ .

Borrego *et al.*, (2000) analizaron el crecimiento de un cultivo de papa observó que en la RAF, los mejores genotipos fueron Atlantic y Snowden, mostrando Russett Burbank un pronunciado declive del quinto al sexto muestreo, esto se dio por la senescencia del follaje.

Las plantas de *Salvia officinalis* tratadas con 100 mg L<sup>-1</sup> de bencilaminopurina presentaron incremento en los valores de la relación de área foliar a los 47 días después del trasplante. Las plantas tratadas con 100 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico presentaron aumento en la relación del área foliar hasta los 131 días después del trasplante. La relación del área foliar es decreciente para todos los tratamientos con reguladores vegetales probados. (Aparecida y Orika, 2008).

Asencio y Sgambatti (1975) al evaluar la relación de área foliar en un cultivo de frijol variedad “coche”, encontraron que en los primeros días del cultivo los valores de la RAF fueron bajos después conforme fue pasando el tiempo se observó un incremento del mismo y al final del cultivo se mostró una disminución de esta variable.

#### 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 en que expresar. Aunque es una medida instantánea, a menudo se emplea la medida entre intervalo t1 a t2. Matemáticamente se expresa:  $RPF = ((PSH1/PS1)+(PSH2/PS2))/2$ .

Maldonado y Corchuelo (1993) al trabajar con dos variedades de frijol (Tundama y Cerinza) al evaluar la Relación de Peso Foliar, observaron que presentaron un comportamiento decreciente en la RPF, con valores similares para las dos variedades de un 0.5 y 0.6 g.g<sup>-1</sup>.

Asencio y Sgambatti (1975) quienes al trabajar en el análisis de crecimiento en tres cultivares de caraotas venezolanas (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. “Coche”,

cv."Cubagua", cv. "Tacarigua", en condiciones de campo observaron un aumento brusco de este índice entre los 13 y los 18 días de edad del cultivar Coche la cual supero significativamente a las demás variedades con un valor promedio de la RPF DE  $0.50 \text{ g/g}^{-1}$  siendo la variedad testigo la que menor valores de RPF tuvo.

Por otra parte, Palomo *et al.*, (2003) en el análisis de crecimiento en las variedades de algodón transgénicos y convencionales observo que los valores más altos de RPF de las tres variedades se presentaron en las primeras fases de crecimiento de las plantas, y que tienden a declinar conforme avanza la edad del cultivo, esto se debe a que en las primeras fases de crecimiento las plantas invierten la mayor parte de los fotoasimilados en el establecimiento de su aparato fotosintético, cantidad que va disminuyendo gradualmente a medida que la planta acumula una mayor cantidad de carbohidratos en 130 otros órganos de la planta, especialmente en los reproductivos. Los valores de RPF de las tres variedades fueron similares a través del desarrollo del cultivo y esto demuestra que la planta, independientemente de la variedad, regula y distribuye equitativamente, en sus órganos, los fotosimilados que produce.

#### Área Foliar Especifica (AFE)

Este índice expresa la densidad o el grosor de la hoja relativamente de la planta. Es una medida de relación entre el área foliar y el peso de la hoja por lo que las unidades en que se expresa es:  $\text{cm}^{-2} * \text{g}^{-1}$ . Matemáticamente se define como:  $\text{AFE} = ((\text{AF1}/\text{PSH1}) + (\text{AF2}/\text{PSH2}))/2$ .

La importancia de la utilización del área foliar especifica se refiere a consideraciones relativas al espesor de las hojas de la planta en cada periodo de crecimiento, ya que

el área foliar específica se calcula en función del área foliar por unidad de peso seco total de la hoja lo cual tomado al inverso representa los gramos de peso seco por unidad de área foliar, esto es el espesor de las hojas (Ascencio y Sgambatti, 1975).

Smith y San José, (1979) al estudiar área foliar específica en un cultivo de maíz, al comienzo del período de crecimiento de este índice vio que era similar para ambos híbridos, y los valores calculados se encuentran entre 130 y 132  $\text{cm}^2 / \text{g}$ . A partir de los 21 días, el índice para el híbrido Obregón se mantiene alrededor de 105  $\text{cm}^2/\text{g}$ , pero en el FM.6 varía entre 92 y 121  $\text{cm}^2/\text{g}$ .

Zucareli *et al.*, (2012) quienes al trabajar en el crecimiento de *Phaseolus vulgaris* cv. IAC Carioca bajo fertilización fosfatada encontraron que su tratamiento testigo alcanzó valores medios de AFE con respecto a los demás tratamientos obteniendo un valor promedio de 0.9972  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$  de AFE, siendo las plantas tratadas con la mayor concentración de  $\text{P}_2\text{O}_5$  las que tuvieron menor AFE.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el periodo de marzo a junio del 2014, en el invernadero número 5 del Departamento de Fitomejoramiento, localizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila, México. El invernadero tiene una orientación Norte-Sur y cuenta con un sistema de enfriamiento de pared húmeda lo que le permitió mantener su temperatura de 27°/19° (día y noche). La humedad relativa se mantiene en 80%.

Para la realización de la siembra se utilizaron macetas de plástico de polietileno color naranja con una capacidad de 2 kg en la que contendrán suelo mezclado con peat most (3:1). En la siembra se colocaron 3 semillas de frijol variedad Negro San Luis por macetas, a una profundidad de 3 cm, los riegos se realizaron durante todo el ciclo de la planta después se le dio un riego alterno. Al tener las plantas con 3 hojas verdaderas se seleccionó una de las tres plantas de frijol la que tenga mejor característica, dejando solo una planta por maceta para evitar competencia entre ellas. Se hizo una aplicación del producto SAGIB, donde se utilizaron atomizadores para cada tratamiento llevándose a cabo la aplicación cuando las plantas presentaron la tercera o cuarta hoja verdadera. La aspersion se realizó tanto en el haz como en el envés de las hojas. En total se hicieron 4 muestreos, uno cada 15 días después de la primera aplicación de los tratamientos. Se colectaron muestras de las plantas de frijol de cada tratamiento y se colocaron en una prensa las hojas y en bolsas de papel estraza los tallos, raíz, flores y vainas para ser llevadas al laboratorio y tomar los diferentes datos.

El experimento se estableció utilizando un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial de AxB, el A representa la diferente formación del producto SAGIB y el B representa la adición del ácido giberélico al producto, con 7 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos consistieron en: el n°1 consiste en 0ppm (testigo), el tratamiento n°2 fue aplicado con SAGIB 6, el tratamiento n°3 estuvo constituido por SAGIB 6 100, el n°4 con SAGIB 6 200, n°5 con SAGIB 10, el n°6 estuvo constituido por SAGIB 10 100 y el tratamiento n°7 con SAGIB 10 200 del producto. El producto SAGIB se preparó en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Las variables agronómicas que se midieron en esta investigación fueron: Área foliar la cual se calculó utilizando un medidor de área foliar marca LI-COR modelo LI-3100, se extrajeron los órganos de la planta (hoja, tallo, flor, vaina) se separaron y se colocaron en bolsas de papel estraza, luego fueron colocadas en una estufa marca FELISA modelo 293A por 3 días a 50°C, el peso seco del tallo, raíz, hoja, flor, vaina y el peso seco total, fueron calculados pesando cada estructura ya seca en una balanza analítica marca OHAUS modelo ES-30R. el peso seco total se obtuvo mediante la sumatoria de cada uno de los datos de pesos secos obtenidos de cada planta.

Una vez teniendo todos estos datos anteriores se utilizaron para determinar los Coeficiente de Partición de Biomasa (CPB) y los Índices de Crecimiento (IC).

Para determinar los Coeficientes de Partición de Biomasa (CPB) se tomaron en cuenta el CPB de la hoja se dividió el peso seco de la hoja/ el peso seco total, para obtener el CPB del tallo se dividió el peso seco del tallo/ el peso seco total, para el

CPB de la raíz se dividió el peso seco de la raíz/ peso seco total, de esta forma se obtuvo la cantidad de biomasa enviada a cada órgano de la planta.

Con los mismos datos de peso seco de las diferentes estructuras de la planta, se calcularon los Índices de Crecimiento. Se determinó la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR); Tasa de Asimilación Neta (TAN); Relación de Área Foliar (RAF); Relación de Peso Foliar (RPF); Área Foliar Específica (AFE), se aplicaron las fórmulas de acuerdo a Hunt (1990).

La Tasa de Crecimiento Relativo, es el incremento del material vegetal por unidad de material vegetal presente, por unidad de tiempo. Las unidades en que se expresa son  $g * g^{-1} * dia^{-1}$  matemáticamente se expresa como:  $TCR = (lnPS2 - lnPS1) / (t2 - t1)$ ; Tasa de Asimilación Neta, es el crecimiento de material vegetal por unidad de sistema asimilativo, pro unidad de tiempo. Este índice representa una medida del balance que existe entre la actividad fotosintética y la actividad respiratoria de la planta. Unidades en que se expresa son:  $g * cm^2 * dia^{-1}$ . Matemáticamente se expresa como:  $TAN = ((PS2 - PS1) / (T2 - T1)) * ((lnF2 - lnF1) / (AF2 - AF1))$ ; Relación de Área Foliar, es la proporción de sistema asimilativo por unidad de materia vegetal presente en un instante de tiempo. Se expresa en  $cm^{-2} * g^{-1}$ . Matemáticamente como:  $RAF = ((AF1/PS1) + (AF2/PS2)) / 2$ ; Relación de Peso Foliar, 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 en que expresar. Aunque es una medida instantánea, a menudo se emplea la medida entre intervalo t1 a t2. Matemáticamente se expresa:  $RPF = ((PSH1/PS1) + (PSH2/PS2)) / 2$ . Área Foliar Específica, este índice expresa la densidad o el grosor de la hoja relativamente de la planta. Es una medida

de relación entre el área foliar y el peso de la hoja por lo que las unidades en que se expresa es:  $\text{cm}^{-2} * \text{g}^{-1}$ . Matemáticamente se define como:  $\text{AFE} = ((\text{AF1}/\text{PSH1}) + (\text{AF2}/\text{PSH2}))/2$ .

### Segunda etapa

La segunda etapa se realizó en el periodo de septiembre a diciembre del 2014, en cielo abierto en el área del jardín botánico del Departamento de Botánica, localizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila, México. El jardín botánico se localiza en las coordenadas: 25° 22' 41" de longitud W y 100° 00' 00" de latitud Na 1643 msnm, con una precipitación media anual de 170-636 mm, una temperatura media anual de 15-38 °C.

Para la realización de la siembra se utilizaron macetas de plástico de polietileno color negro con una capacidad de 3kg en la que contendrán suelo mezclado con peat most (3:1). En la siembra se colocaron 3 semillas de frijol variedad Negro San Luis por macetas, a una profundidad de 3cm, los riegos se realizaron durante todo el ciclo de la planta después se le dio un riego alterno. Al tener las plantas con 3 hojas verdaderas se seleccionó una de las tres plantas de frijol la de mejor característica, dejando solo una planta por maceta. Se hizo una aplicación del producto SAGIB, donde se utilizaron atomizadores para cada tratamiento llevándose a cabo la aplicación cuando las plantas presentaron la segunda o tercera hoja verdadera. La aspersion se realizó tanto en el haz como en el envés de las hojas.

El experimento se estableció utilizando un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial de AxB, el A representa la diferente formación del producto SAGIB y el B representa la adición del ácido giberélico al producto, con 7

tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos consistieron en: el n°1 consiste en 0ppm (testigo), el tratamiento n°2 fue aplicado con SAGIB 6, el tratamiento n°3 estuvo constituido por SAGIB 6 100, el n°4 con SAGIB 6 200, n°5 con SAGIB 8, el n°6 estuvo constituido por SAGIB 8 100 y el tratamiento n°7 con SAGIB 8 200 del producto. El producto SAGIB se preparó en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

La variable agronómica que se midió en esta segunda etapa fue el rendimiento: la cual se calculó el número de vainas por planta, se obtuvo contando las vainas en cada planta, mientras que el número de granos por vaina se obtuvo contando el total de granos que había por planta y obteniendo un promedio por vaina. El rendimiento se estimó contando y pesando los granos de las vainas de 3 plantas por tratamiento, en una balanza analítica marca OHAUS modelo ES-30R.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias de los coeficientes de partición de biomasa (cuadro 1) en la primera etapa, mostraron que las diferencias entre tratamientos en el primer muestreo en el CPB en hoja y raíz fueron altamente significativos, mientras que la diferencia para el CPB en raíz solo fue significativa.

Cuadro 1. Análisis de Varianza y comparación de medias de los coeficientes de partición de biomasa de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

Tratamientos	Variables	Muestras			
		25/06/2014	10/07/2014	25/07/2014	09/08/2014
TESTIGO		0.35 BC+	0.35 A	0.13 A	0.32 A
SAGIB-06		0.30 C	0.37 A	0.26 A	0.24 A
SAGIB-06 100		0.42 AB	0.34 A	0.33 A	0.34 A
SAGIB-06 200	CPB H	0.47 A	0.39 A	0.33 A	0.33 A
SAGIB-10		0.28 C	0.42 A	0.38 A	0.35 A
SAGIB-10 100		0.46 A	0.33 A	0.40 A	0.33 A
SAGIB-10 200		0.40 AB	0.34 A	0.39 A	0.29 A
C.V. %		10.27	16.33	13.89	6.9
S.E.		**	NS	NS	NS
TESTIGO		0.40 AB	0.36 A	0.46 A	0.32 A
SAGIB-06		0.42 AB	0.35 A	0.30 AB	0.30 A
SAGIB-06 100		0.34 B	0.36 <sup>a</sup>	0.25 B	0.36 A
SAGIB-06 200	CPB T	0.37 AB	0.37 A	0.23 B	0.31 A
SAGIB-10		0.39 AB	0.33 A	0.30 AB	0.33 A
SAGIB-10 100		0.34 B	0.30 A	0.31 AB	0.30 A
SAGIB-10 200		0.44 A	0.37 A	0.31 AB	0.30 A
C.V. %		10.01	18.19	22.64	8.8
S.E.		*	NS	*	NS
TESTIGO		0.24 ABC	0.28 A	0.18 B	0.35 A
SAGIB-06		0.26 AB	0.27 A	0.42 A	0.38 A
SAGIB-06 100		0.22 ABC	0.30 A	0.42 A	0.35 A
SAGIB-06 200	CPB R	0.14 C	0.23 A	0.43 A	0.35 A
SAGIB-10		0.32 A	0.24 A	0.31 AB	0.32 A
SAGIB-10 100		0.20 BC	0.32 A	0.28 AB	0.37 A
SAGIB-10 200		0.14 C	0.28 A	0.29 AB	0.39 A
C.V. %		20.29	13.86	19.19	8.78
S.E.		**	NS	**	NS

\*\*=Diferencia Altamente Significativa, \*= Diferencia Significativa, NS= Diferencia No Significativa, CV=Coeficiente de Variación, CPBH= Coeficiente de Partición de Biomasa de la Hoja, CPBT=Coeficiente de Partición de Biomasa del Tallo, CPBR=Coeficiente de Partición de Biomasa de la Raíz, += Valores medios con la misma letra, estadísticamente son iguales (DMS 0.01).

En el primer muestreo, se observó que las plantas testigo distribuyeron el 35, 40 y 24% de cada gramo producido de su biomasa nueva hacia las hojas, tallo y raíz respectivamente. En este muestreo, todas las plantas asperjadas con el producto SAGIB cambiaron el patrón de distribución enviando más biomasa a formar hojas comparadas con el testigo, siendo las plantas con la concentración de SAGIB-06 100 las que mayor biomasa dedicaron a formar hojas con el 34.8%. En cambio para la formación del tallo la concentración SAGIB-10 200 fue la que mayor biomasa envió a la formación de este órgano con un 10%. Así mismo en la raíz la concentración SAGIB-06 100 fue la que mayor biomasa dedicaron a la formación de este órgano con el 8.33%.

En el segundo muestreo, se muestra una tendencia a disminuir la acumulación de biomasa hacia las hojas en algunos tratamientos, en cambio las plantas testigo mantienen el mismo porcentaje del muestreo anterior y para las plantas asperjadas con las concentraciones SAGIB-06 y SAGIB-10 tendieron a aumentar el envío de biomasa. En esta fecha, las plantas asperjadas con SAGIB-10 superaron ligeramente a las plantas testigos con mayor biomasa destinada formar hojas con un 37%. Con respecto al CPB Tallo, las plantas tratadas con SAGIB-06 200 y SAGIB-10 200 destinaron más biomasa a la formación de este órgano superando al testigo con un 2.77%. En cambio en el CPB Raíz, hubo una tendencia a aumentar la acumulación de biomasa tanto en las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de igual forma en el testigo a diferencia a la concentración SAGIB-6 200 fue la que hizo que las plantas aumentaran su biomasa a diferencia del muestreo anterior. En este muestreo las plantas asperjadas con SAGIB-10 100 destinaron

mayor biomasa a la formación de la raíz con el 14.28% superando a las plantas testigo, las plantas tratadas con SAGIB-06 200 fueron las que menos porcentaje destinaron a este órgano. Estos resultados son similares a los reportados de Analco (2014) en la variable coeficiente de partición de raíz, donde las plantas tratadas con diferentes concentraciones de ácido salicílico fueron las que enviaron mayor biomasa producida superando a las plantas testigo con un 13.9%.

Para el tercer muestreo, hay una tendencia a la disminución de repartición de biomasa para algunos de los tratamientos para las variables CPB hoja, tallo y raíz. En la variable CPB Hoja se observa que las plantas testigo disminuyeron la biomasa para formación de este órgano, en cambio en las plantas tratadas con SAGIB-10 100 y SAGIB-10 200 mostraron un incremento de biomasa, sobresaliendo las plantas del tratamiento SAGIB-10 100 y superando a las plantas testigo con el 27%. En este mismo muestreo para el CPB tallo, hay una tendencia a disminuir la acumulación de biomasa en todos los tratamientos, excepto las plantas testigo que tienden a aumentar su CPBT respecto al muestreo anterior. En la variable CPB raíz se observa que las plantas testigo disminuye su biomasa para la formación de la raíz, mientras que las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de AS y AG superaron al testigo, pero sin embargo las plantas de los tratamientos SAGIB-06, SAGIB-06 100, SAGIB-06 200, SAGIB-10 y SAGIB-10 200 muestran una tendencia al incremento en la acumulación de biomasa a excepción de las plantas tratadas con SAGIB-10 100 las cuales muestran una disminución por debajo del resto de las plantas tratadas.

En el cuarto muestreo, en la variable coeficiente partición de biomasa de la raíz las plantas testigo tienden a aumentar su biomasa producida para la formación de este órgano, así mismo las plantas en las concentraciones de SAGIB-10, SAGIB-10 100 y SAGIB-10 200 incrementaron el envío de biomasa para la formación de esta variable en comparación del muestreo anterior. Las plantas del tratamiento SAGIB-10 200 fueron las que mayor biomasa en la raíz formaron, superando a las plantas testigo con el 11.42%. Sin embargo, para la variable coeficiente partición de biomasa de la hoja en las plantas testigo tienden a incrementar la formación de biomasa nueva a este órgano, de igual manera para las plantas asperjadas con SAGIB-06 100, en la hoja las plantas asperjadas con SAGIB-10 fueron las que mayor biomasa enviaron superando al testigo con el 9.37%, de igual manera en las hojas la concentración SAGIB-06 fue la que menos enviara biomasa a este órgano. Las plantas testigo disminuyeron la biomasa para la formación del tallo, en cambio en las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de SAGIB, mostraron un incremento en la formación de biomasa para el tallo, donde las plantas tratadas con SAGIB 10 cambiaron sus patrón de distribución superando al testigo con el 3.1%.

#### Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

La TCR es la velocidad de formación de nueva biomasa por cada gramo de peso ya existente por día. El análisis de varianza para TCR en un cultivo de frijol mostró que no hay diferencia significativa en ninguno de los muestreos realizados pero si se muestra una diferencia numérica entre los tratamientos (Cuadro 2). En el primer muestreo se observó que todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de SAGIB superaron a las plantas testigo las que lograron una

Cuadro 2. Análisis de Varianza y comparación de medias de los índices de crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Negro San Luis, asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

Tratamientos	Variables	Muestras		
		25/06/2014	10/07/2014	25/07/2014
TESTIGO		0.02A +	0.056 A	0.028 A
SAGIB-06		0.028 A	0.088 A	0.025 A
SAGIB-06 100		0.057 A	0.053 A	0.031 A
SAGIB-06 200	TCR (g * g <sup>-1</sup> * dia <sup>-1</sup> )	0.051 A	0.059 A	0.044 A
SAGIB-10		0.036 A	0.063 A	0.045 A
SAGIB-10 100		0.038 A	0.080 A	0.042 A
SAGIB-10 200		0.051 A	0.076 A	0.041 A
C.V. %		35.41	21.6	26.04
S.E.		NS	NS	NS
TESTIGO		1.00 A	3.00 B	1.30 A
SAGIB-06		1.30 A	5.00 A	1.90 A
SAGIB-06 100		2.80 A	3.00 AB	2.20 A
SAGIB-06 200	TAN (g * m <sup>2</sup> * dia <sup>-1</sup> )	2.10 A	3.00 AB	3.00 A
SAGIB-10		1.50 A	3.00 AB	2.90 A
SAGIB-10 100		1.60 A	4.00 AB	3.00 A
SAGIB-10 200		2.30 A	4.00 A	2.70 A
C.V. %		38.1	19.57	29.36
S.E.		NS	*	NS
TESTIGO		263.00 A	218.43 A	214.55 A
SAGIB-06		276.89 A	244.23 A	113.53 B
SAGIB-06 100		209.71 A	165.60 A	142.75 B
SAGIB-06 200	RAF (cm <sup>2</sup> * g <sup>-1</sup> )	246.82 A	204.95 A	148.78 B
SAGIB-10		232.33 A	206.45 A	154.81 B
SAGIB-10 100		239.64 A	211.35 A	141.32 B
SAGIB-10 200		221.73 A	178.93 A	151.40 B
C.V. %		20.94	23.63	9.8
S.E.		NS	NS	**
TESTIGO		0.576 A	0.526 A	0.508 A
SAGIB-06		0.613 A	0.504 A	0.440 A
SAGIB-06 100		0.518 A	0.501 A	0.498 A
SAGIB-06 200	RPF (g * g <sup>-1</sup> )	0.576 A	0.564 A	0.502 A
SAGIB-10		0.602 A	0.616 A	0.559 A
SAGIB-10 100		0.506 A	0.532 A	0.567 A
SAGIB-10 200		0.620 A	0.541 A	0.539 A
C.V. %		9.39	12.82	10.23
S.E.		NS	NS	NS
TESTIGO		709.16 A	630.53 A	648.98 A
SAGIB-06		717.86 A	735.44 A	443.96 B
SAGIB-06 100		607.33 A	495.13 A	427.75 B
SAGIB-06 200	AFE (cm <sup>2</sup> * g <sup>-1</sup> )	678.88 A	585.80 A	445.92 B
SAGIB-10		569.26 A	520.09 A	438.27 B
SAGIB-10 100		731.60 A	618.75 A	389.18 B
SAGIB-10 200		572.88 A	493.66 A	448.29 B
C.V. %		24.35	28.53	10.47
S.E.		NS	NS	**

SE=Significancia Estadística, \*\*= Diferencia Altamente Significativa, \* = Diferencia Significativa, NS=Diferencia No Significativa, CV=Coefficiente de Variación, TCR=Tasa de Crecimiento Relativo, TAN= Tasa de Asimilación Neta, RAF= Relación Área Foliar RPF= Relación de Peso Foliar, AFE= Área Foliar Específica += Valores Seguidos de la Misma Letra, Estadísticamente son Iguales (DMS 0.01).

velocidad de acumulación de  $0.028 \text{ g} * \text{g}^{-1} * \text{dia}^{-1}$ , mientras que las plantas tratadas con SAGIB-06 100 fueron las que mostraron una mayor velocidad de acumulación de biomasa con  $0.057 \text{ g} * \text{g}^{-1} * \text{dia}^{-1}$ .

En el segundo muestreo, la tendencia es aumentar en las plantas tratadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB, excepto las tratadas con SAGIB-06 100 tienden a disminuir, siendo las plantas asperjadas con SAGIB-06 las que presentaran la mayor velocidad de acumulación de biomasa de un 57% por encima del testigo. Estos resultados son similares a los encontrados por Ghamari y Ahmaduand (2013), quienes reportaron en un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L*) que la TCR presentó una mayor acumulación de un 60% en comparación de un testigo, en el que los valores más altos se encuentran al principio de la investigación.

Para el tercer muestreo, todas las plantas tratadas con SAGIB tienen la tendencia a la disminución, pero para las plantas asperjadas con la concentración SAGIB 06 fueron las que menor velocidad de acumulación de biomasa presentaron, mientras que las plantas asperjadas con SAGIB-10 fueron las que mayor velocidad de acumulación de biomasa mostró de un 60% en comparación con un 28% de las plantas testigo. Estos resultados son similares a los reportados por Santeliz y Mujica (1991), al trabajar en el análisis de crecimiento en el cultivo de soya cristalina quienes obtuvieron los valores más altos a los 20 días de edad de la planta en la TCR pero a partir de esta edad, y hasta los 40 días aproximadamente, se observa una disminución de este valor en relación a esta variable.

En la figura 1 se muestra que a medida que transcurren los días, tiende a aumentar los valores de la TCR, y se puede observar que en mayor concentración del producto

SAGIB aumenta la TCR, pero en el último muestreo tiende a disminuir el valor. Lo anterior se debe a que tiende a decrecer la velocidad de formación de nueva biomasa por cada gramo de peso ya existente, por la edad del cultivo debido a la formación de nuevos órganos.

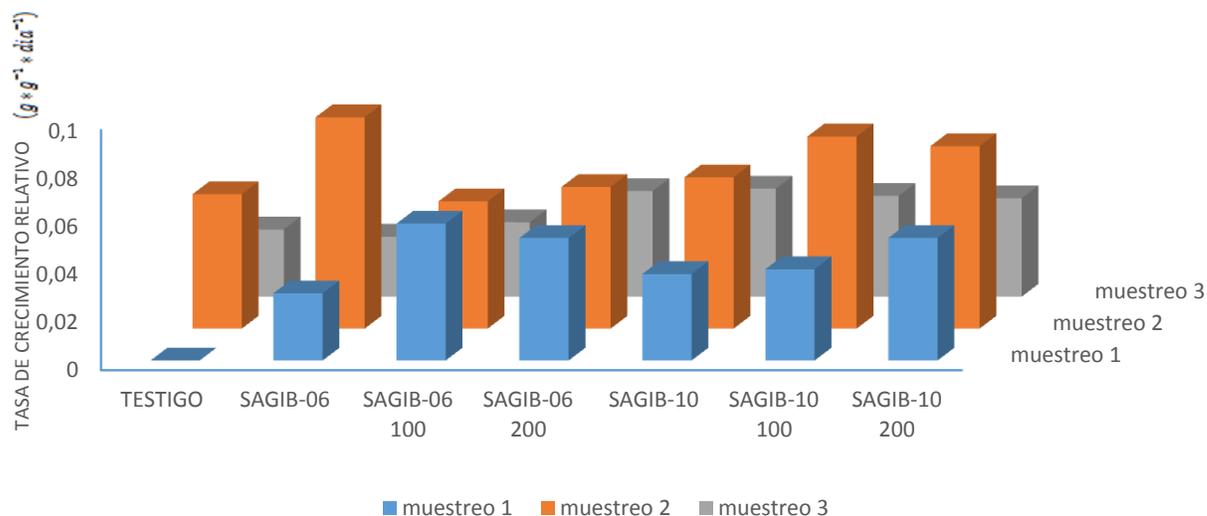


Figura 1. Tasa de Crecimiento Relativo de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

### Tasa de Asimilación Neta (TAN)

La TAN expresa el aumento de peso de la planta, en función del área foliar por unidad de tiempo. En el muestreo dos se observa una diferencia estadística, aunque en el muestreo uno y tres no hay diferencias significativas si se muestra que si hay diferencias numéricas entre los tratamientos.

En el primer muestreo, la producción de biomasa en las plantas tratadas con diferentes concentraciones de SAGIB fueron las que mayor biomasa presentaron, siendo las plantas tratadas con SAGIB-6 100 las que mayor biomasa acumularan

superando al testigo con  $1.8 \text{ g} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$  mientras que las plantas testigo presentaron  $1.00 \text{ g} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$ . Estos resultados son diferentes a los encontrados por Hernández *et al.*, (2008) quienes encontraron que los valores de TAN en el cultivo de frijol var. Bat-304 las plantas testigo mostraron valores de  $20 \text{ g/m}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$  al principio del cultivo, por lo que estos valores son mayores a los encontrados en este trabajo.

Para el segundo muestreo, todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de SAGIB-06, SAGIB-10 100 y SAGIB-10 200 mostraron TAN comparado con las plantas testigo de un 66,33 y 33% respectivamente, mientras que las plantas asperjadas con SAGIB-6 100, SAGIB-06 200 Y SAGIB-10 se comportaron igual que las plantas testigo.

En el tercer muestreo se observa que las plantas con SAGIB-06 100 mostraron una TAN con respecto a las plantas testigo, habiendo de por medio una diferencia del 1.70 de incremento de esta variable. Sin embargo todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de SAGIB superaron al testigo.

En la figura 2 se observa que los valores más bajos se encuentran al principio del cultivo y después se presentan valores más altos en el segundo muestreo y en el último muestreo de la investigación tienden a disminuir la TAN, lo que significa que al transcurrir el tiempo el cultivo disminuye la cantidad de biomasa por  $\text{cm}^2$  por día.

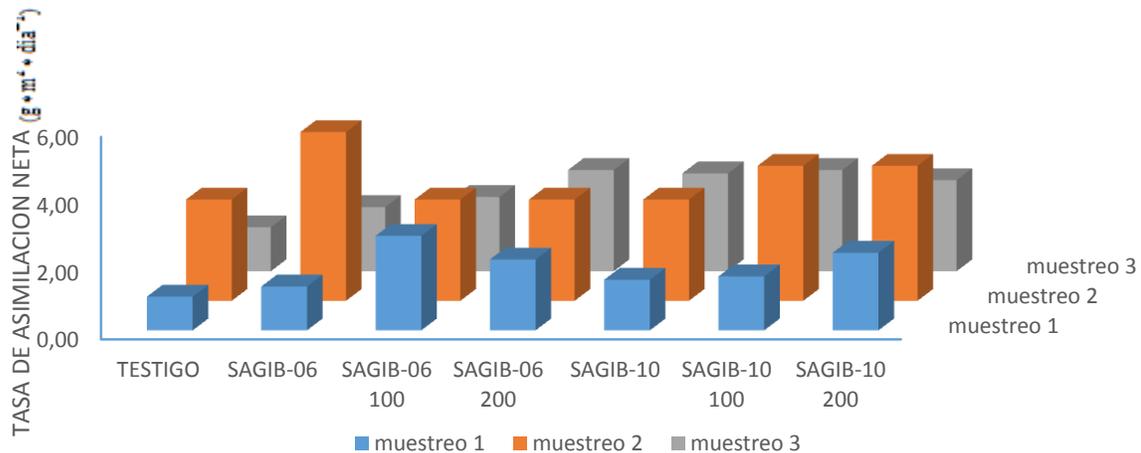


Figura 2. Tasa de Asimilación Neta de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

### Relación de Área Foliar (RAF)

Esta variable representa el área de la hoja por unidad de masa de la planta. En esta variable RAF no hay diferencia estadística en el primer y segundo muestreo, excepto en el tercer muestreo que si hubo diferencia altamente significativa, pero para los otros muestreos antes mencionado solo se observan diferencias numéricas.

Para el primer muestreo, las plantas con la concentración SAGIB-06 M fueron las que mayor Relación de Área Foliar, presentaron en comparación a todos los demás tratamientos. Así mismo en la concentración antes mencionada se obtuvo una diferencia de RAF de un 5% superando al testigo.

Para el segundo muestreo, se observa que todas las plantas tratadas con diferentes concentraciones de SAGIB tienden a disminuir la RAF a medida que avanza el ciclo del cultivo, en el tratamiento SAGIB-06 presentaron mayor relación de área foliar de un 11% con respecto a las plantas testigo.

En el tercer muestreo, se sigue manteniendo la tendencia a la disminución del muestreo anterior, siendo las plantas testigo las que producen mayor relación de área foliar, ubicándose por encima de las plantas asperjadas con diferentes concentraciones de SAGIB.

En el cuadro 2 se observa que las plantas testigo se ubican por encima de las plantas tratadas con SAGIB en algún momento, siendo las plantas tratadas las que presentaran menor cantidad de relación de área foliar por gramo de peso seco durante algún tiempo durante su desarrollo del frijol. Estos resultados son semejantes a los encontrados por Velasco y Aldozaba (2003) quienes muestran que la RAF disminuyó durante el transcurso del ciclo vital de la planta en un cultivo de soya.

Se puede observar en la figura 3 se una disminución de los valores de RAF conforme va pasando el tiempo, también se muestra que los valores más altos de

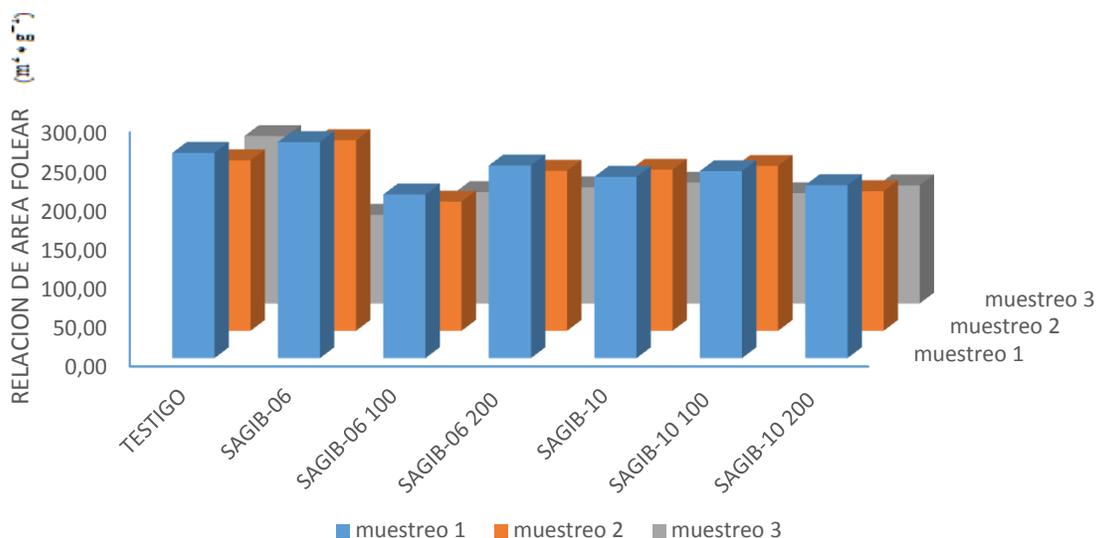


Figura 3. Relación de Área Foliar de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

esta variable se encuentran al principio de la investigación y en el último muestreo se encontraron los valores más bajos de RAF. Esto significa que la mayor área de la hoja por unidad de masa de la planta, se obtiene al comienzo del ciclo vegetativo y tiende a disminuir debido a la maduración de la planta.

#### Relación de Peso Foliar (RPF)

La relación del área foliar son los gramos de peso seco de hoja por cada gramo de peso seco total de la planta. El análisis de varianza y comparación de medias se puede apreciar que no existen diferencias significativas para ningún muestreo. Para el primer muestreo se observa que las plantas tratadas con la concentración SAGIB-10 200 lograron una mayor Relación de Peso Foliar con un 62% en comparación con las plantas testigo que tuvieron un  $5.7 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$ . Estos resultados son mayores a los reportados por Hadi *et al* (2006) quienes encontraron que en un cultivo de frijol común las plantas sin sombras (testigo) mostraron una RPF con un valor de  $39 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$ .

En el segundo muestreo, las plantas tratadas con la concentración de SAGIB-10 fueron las que superaron la Relación de Peso Foliar ya que alcanzaron un 17% en comparación con las plantas testigo, así también se pudo observar que las plantas tratadas con SAGIB-6 y SAGIB-6 100 obtuvieron menor gramos de biomasa en hoja por cada gramo de peso seco total de la planta.

Para el tercer muestreo, la variable RPF muestra una tendencia a la disminución, excepto las plantas tratadas con SAGIB-10 100 fueron las que aumentaron la Relación de Peso Foliar superando al testigo con un 11%. Estos resultados son

contrarios a los reportados por Asencio y Sganbatti (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 de esta variable.

En la figura 4 se puede observar va disminución en la RPF conforme va pasando el tiempo, se puede apreciar 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 RPF. Esto puede ser interpretado debido a que las primeras fases de crecimiento, las plantas invierten la mayor parte de la fotosíntesis en el establecimiento de su aparato fotosintético, cantidad que va disminuyendo gradualmente a medida que la planta acumula una mayor cantidad de carbohidratos en otros órganos de la planta, especialmente en los reproductivos (Palomo *et al.*, 2003)

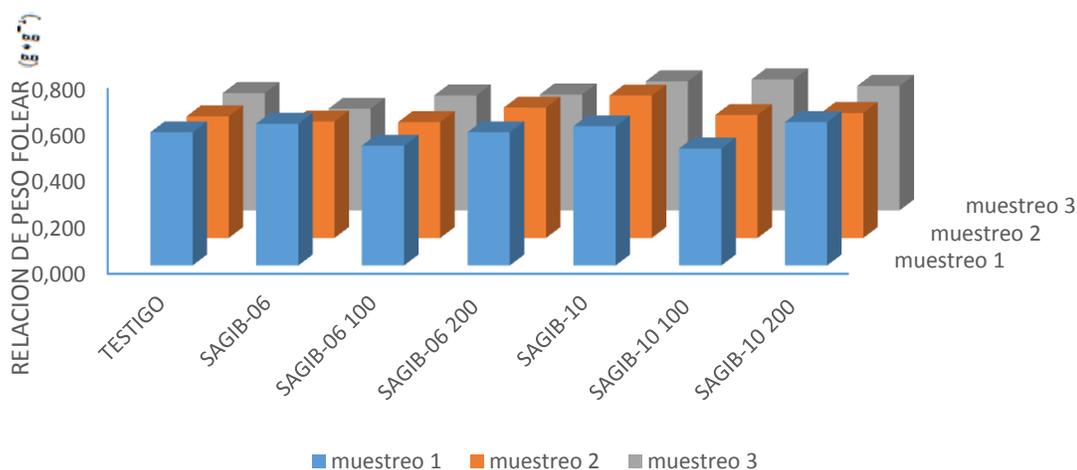


Figura 4. Relación de Peso Foliar de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

## Área Foliar Específica (AFE)

El área foliar específica significa cuantos cm de área foliar existen por cada gramo de peso seco de la hoja. En el primer muestreo, las plantas asperjadas con la concentración de SAGIB-10 100 fueron las que tuvieron una mayor Área Foliar Específica con un 22% en comparación con las plantas testigos. Así mismo las plantas tratadas con ASAGIB-10 100 fueron las que tuvieron hojas más delgadas en comparación para los demás tratamientos, mientras que para las plantas asperjadas con SAGIB-10 fueron las que tuvieron menor AFE en la cual mostraron las hojas más gruesas.

Para el segundo muestreo, todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones mostraron tener una disminución en la variable AFE, excepto en las plantas asperjadas con la concentración de SAGIB-06 tendieron a aumentar el Área Foliar Específica un 16% superando el testigo.

En el tercer muestreo, se observa como todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB tienden a disminuir el Área Foliar, mostrando que las plantas testigo presentaron mayor área foliar específica de un  $648.98 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ . Por otro lado los resultados reportados por Skòrzynska-Pilot y Baszynsky, (1995) son mayores a los de este trabajo, 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 5 se muestran los valores más altos de AFE en el primer muestreo, siendo las plantas asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB las que mostraran hojas más delgadas, por lo que los valores más bajos de esta

variable se encontraron en el segundo y al final de la investigación. Lo anterior es debido a que este índice representa la densidad o el grosor relativo de la hoja, en el cual puede ser interpretado a que las primeras fases de crecimiento el AFE es mayor y con el tiempo decrece ya que las hojas se vuelven más gruesas.

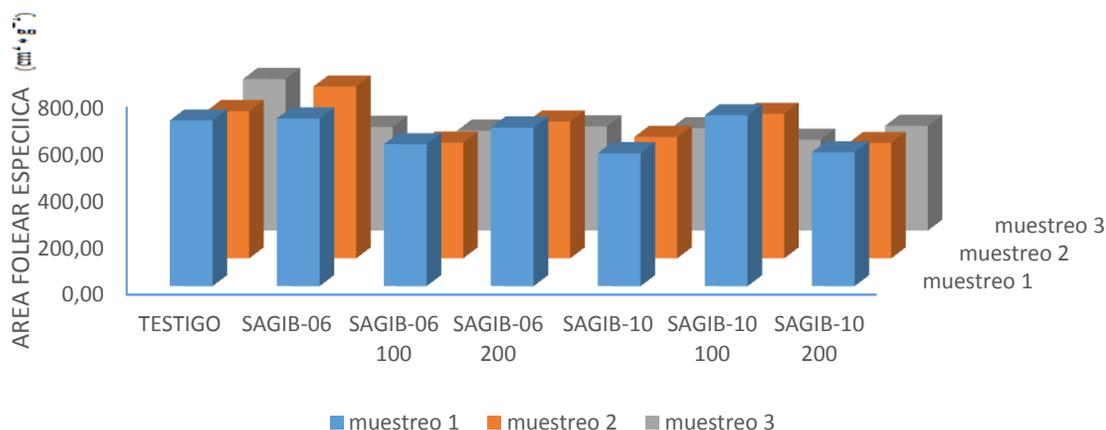


Figura 5. Área Foliar Especifica de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB

## Rendimiento

En la segunda etapa de este trabajo se tomaron en cuenta las siguientes variables; vainas por planta, número de semillas por vaina, numero de semillas por planta, peso de semilla por planta, peso de fruto por planta, peso de semillas por planta y kilogramos por hectárea lo que permitió estimar el rendimiento (Cuadro 3); se observó en los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la variable número de vainas por planta, mostraron diferencias altamente significativa donde las plantas tratadas a una concentración de SAGIB-08 200 mostraron el valor más alto en la variable mencionada, el cual supera al testigo con un 4.5% de vainas por planta. También se observa las plantas de los demás tratamientos mostraron

mayor número de vainas por planta que el testigo. Estos resultados son similares a los reportados por Analco (2014), al evaluar un cultivo de frijol ejotero encontró los valores más altos de esta variable a una concentración de  $1 \times 10^{-8}$  M de AS, el cual supero al testigo con 7.5 vainas por planta. También Hidalgo y Araya (2003) encontraron resultados similares al realizar aplicaciones de Benomil en diferentes intervalos y edades de la planta para el combate de antracnosis y mancha angular del frijol observaron que su testigo fue el que menor número de vainas por planta produjo habiendo una diferencia 2.6 vainas con el tratamiento que mayor número vainas obtuvo.

En la figura 6 se muestra que los tratamientos del producto SAGIB, superaron al testigo en esta variable, también se observa que a mayor concentración del producto SAGIB se obtiene un mayor incremento en la variable número de granos por vaina en el cultivo de frijol.

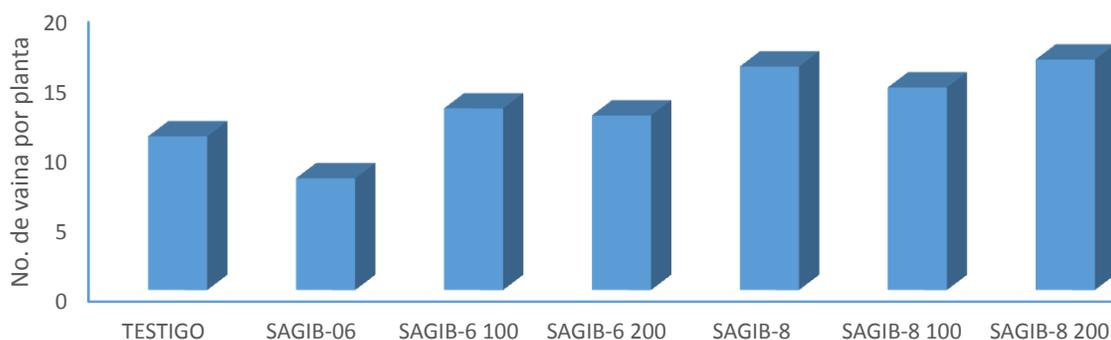


Figura 6. Número de vaina por planta de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB

Cuadro 3. Análisis de Varianza y comparación de medias de los componentes del rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Negro San Luis, asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

Tratamiento	vainas/planta	No. de semillas /vaina	No. Semillas/planta	Peso de semillas/planta	Peso seco del fruto/planta	Peso de 100 semillas	kg/ha
TESTIGO	11.00 B+	4.50 BC	32.00 D	9.65 D	13.58 C	30.18 C	868.95 D
SAGIB-06	8.00 D	4.00 C	26.00 D	8.00 D	10.52 D	30.77 C	720.45 D
SAGIB-06 100	13.00 BC	5.00 ABC	38.00 CD	12.28 D	16.44 BC	32.33 B	1105.12 CD
SAGIB-06 200	12.50 BC	5.50 AB	40.00 CD	13.25 CD	16.90 B	33.13 B	1192.50 CD
SAGIB-08	16.00 A	6.00 A	76.50 A	26.58 A	24.52 A	34.69 A	2392.64 A
SAGIB-08 100	14.50 AB	5.00 ABC	54.00 BC	18.81 BC	21.68 A	34.39 A	1693.35 BC
SAGIB-06 200	16.50 A	6.00 A	70.50 AB	24.25 AB	24.01 A	34.69 A	2182.50 AB
C.V.%	6.30	9.00	15.15	16.51	6.63	1.31	16.51
S.E	**	**	**	**	**	**	**

SE=Significancia Estadística, \*\*= Diferencia Altamente Significativa, \* = Diferencia Significativa, NS=Diferencia No Significativa, CV=Coeficiente de Variación, += Valores Seguidos de la Misma Letra, Estadísticamente son Iguales (DMS 0.01).

#### Número de semilla por vaina

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la variable número de semillas por planta, mostraron diferencias altamente significativas. Las plantas asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB superaron al testigo excepto las plantas asperjadas con la concentración SAGIB-06 siendo las que tuvieron menor número de semilla por plantas, debido a los factores ambientales, mientras que la concentración del producto SAGIB-08 y SAGIB-08 200 fue los que mayor número de semilla por plantas produjeron con una diferencia de 1.5%, superando al testigo. Estos resultados observados en las plantas testigo son contrarios a los reportados por Santella *et al.*, (2001) quienes observaron que al evaluar el rendimiento de siete genotipos de frijol mungo, el testigo junto con el genotipo NM 94 fueron los que produjeron más granos por vaina que los otros genotipos (VC 1973c, VC 4443 A, ML 267, VC 2768 A Y VC 1973 A) produciendo un total de 9.85 granos por vaina.

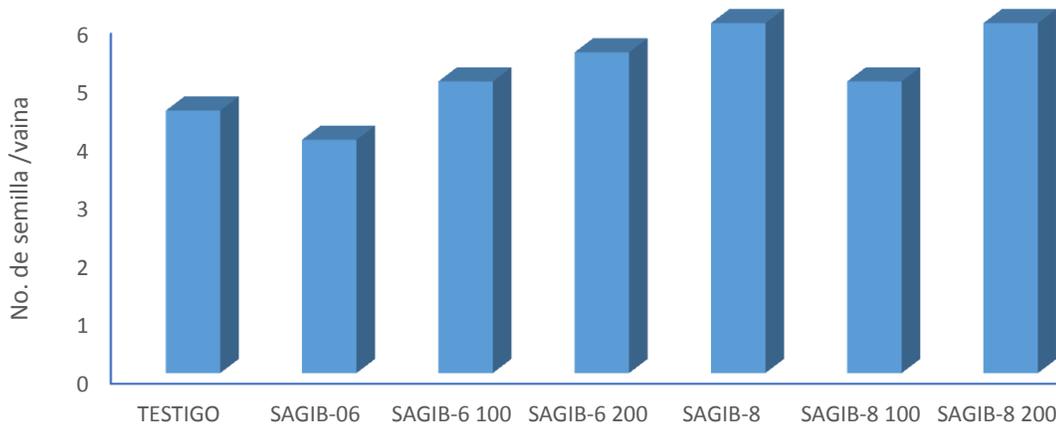


Figura 7. Número de semillas por vaina de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB

#### Número de semilla por planta

Al evaluar esta variable se observó que hubo diferencia altamente significativa entre tratamientos. Las plantas asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB superaron al testigo con un 44.5% semillas por plantas.

En la figura 8 se puede observar que todas las plantas tratadas con el producto SAGIB superaron al testigo, por lo que a mayor concentración del producto mayor número de semilla por planta.

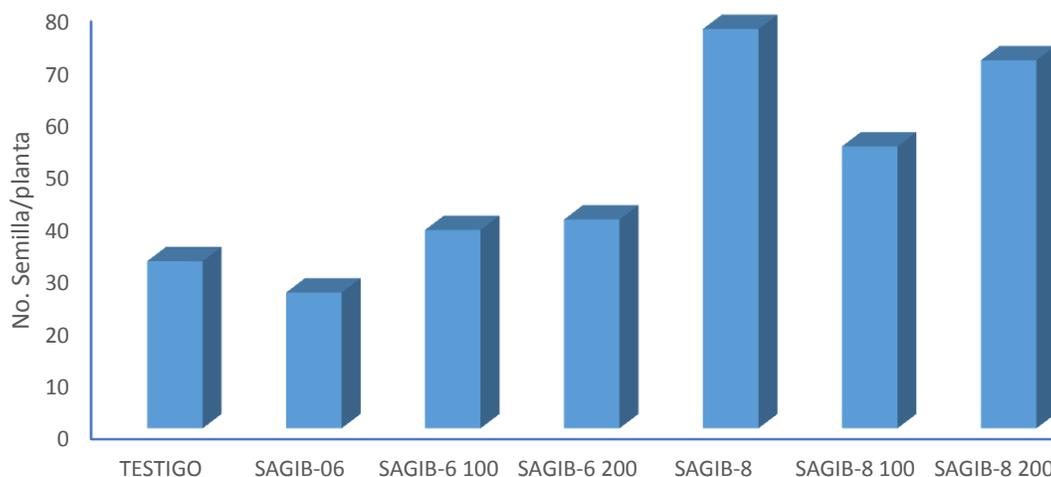


Figura 8. Numero de semillas por plantas de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB

### Peso de la semilla por planta

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la variable peso de la semilla por planta, mostraron diferencias altamente significativas (cuadro 3). Las plantas tratadas con el producto SAGIB a una concentración de SAGIB-08 y SAGIB-08 200 mostraron el valor más alto en la variable mencionada, el cual supera al testigo con un 16.93% del peso de la semilla por planta.

En la figura 9 se observa que las plantas testigo presentan un menor peso de semilla por planta, estando por debajo de las concentraciones más altas, mientras las plantas tratadas con la concentración más altas del producto SAGIB presentan una velocidad de acumulación de mayor peso de la semilla por planta en el cultivo de frijol.

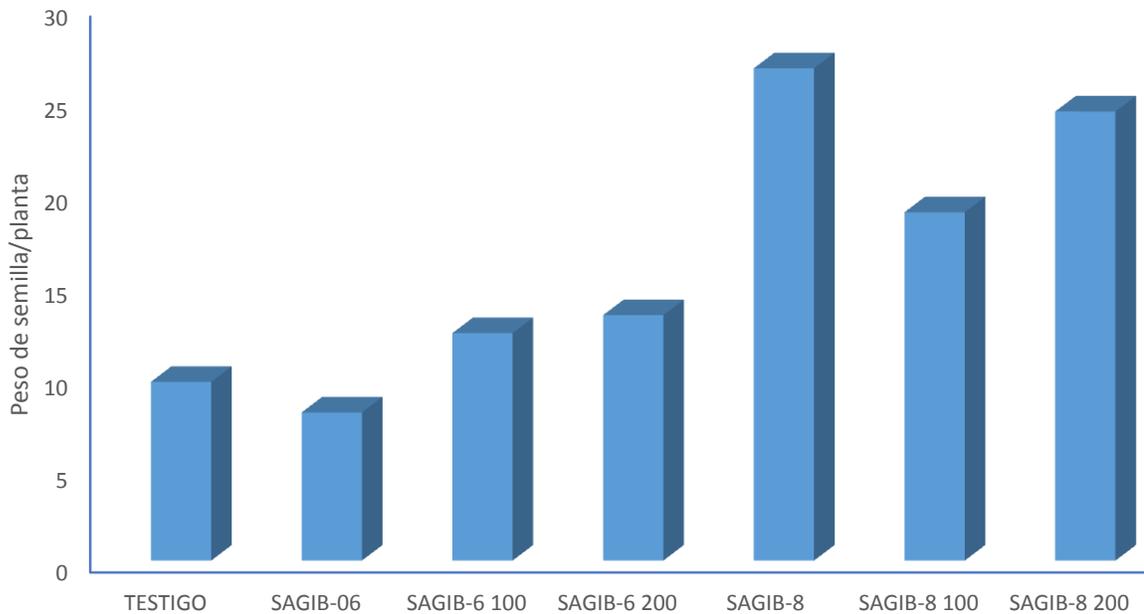


Figura 9. Peso de semillas por planta de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB

### Peso del fruto por planta

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la variable peso del fruto por planta, se obtuvieron diferencias altamente significativas. Se observó que al evaluar el peso del fruto de la planta, las plantas tratadas con la concentración del producto SAGIB-08 y SAGIB-08 200 superaron al testigo con 10.54%. Mientras que en el tratamiento SAGIB-6 obtiene menor peso del fruto por planta, debido a que se vio afectado por los factores ambientales, estando por debajo de un 3.06 % del peso del fruto por planta.

En la figura 10 se observó que las plantas asperjadas con mayor concentración del producto SAGIB, presentaron mayor peso del fruto por planta estando por encima de las plantas testigo.

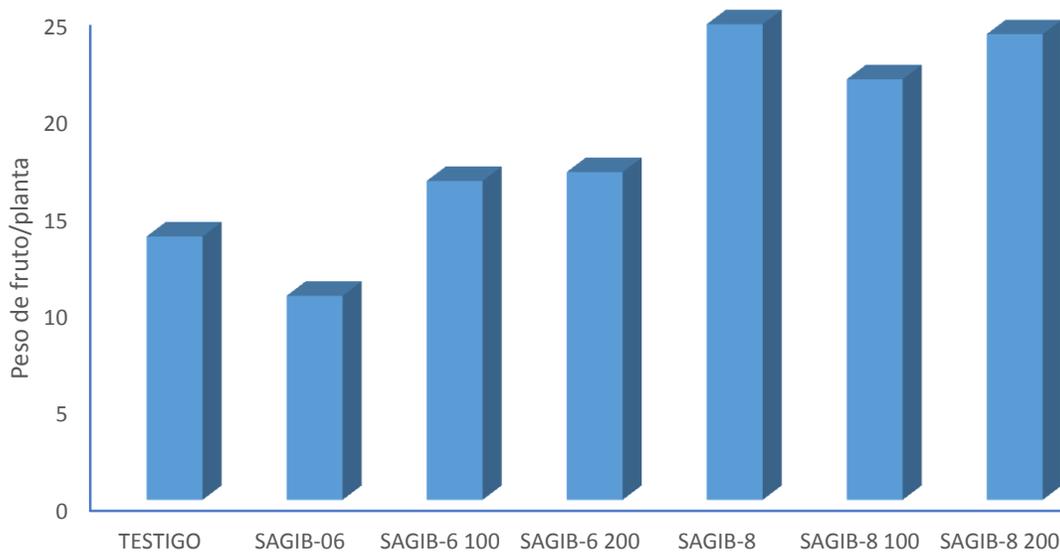


Figura 10. Peso del fruto por planta de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

#### Peso de 100 semillas

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la variable peso de 100 semillas por planta, se obtuvieron diferencias altamente significativas. Se observó que al evaluar el peso del fruto de la planta, las plantas tratadas con la concentración del producto SAGIB-08 y SAGIB-08 200 superaron al testigo con 4.51% estando por encima del testigo.

En la figura 11 se puede observar que las plantas tratadas con el producto SAGIB obtuvieron mayor peso de semillas por planta estando por encima de las plantas testigo

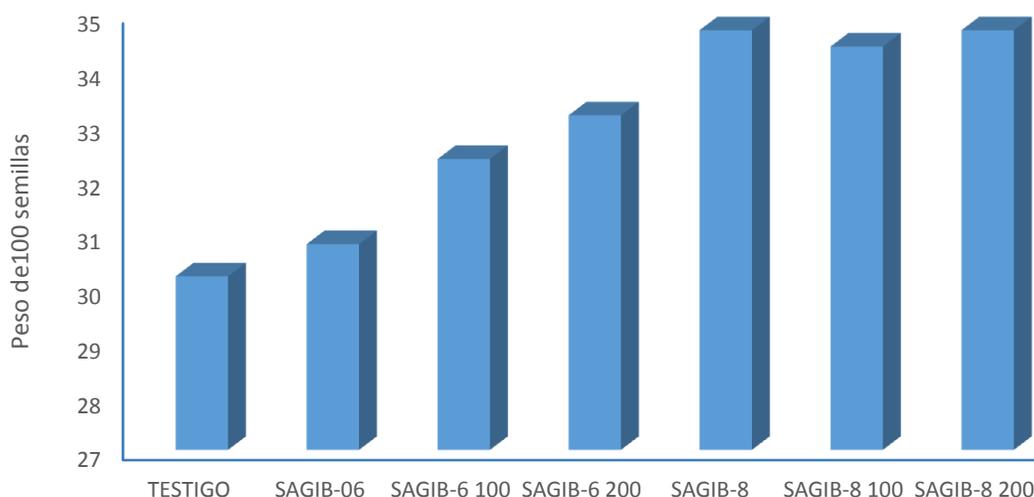


Figura 11. Peso de 100 semillas de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

### Kilogramos por hectárea

En los resultados de análisis de varianza y comparación de medias se observó que al evaluar kilogramos por hectárea hubo diferencia altamente significativa donde las plantas tratadas con la concentración del producto SAGIB-08 fueron las que mayor producción dieron en Kg/ha, superando al testigo con 1523.69 Kg/ha. Estos resultados en plantas testigo son diferentes a los reportados por Méndez *et al.*, (2011) obtenidos en la variedad AN10, al trabajar sobre la influencia de diferentes dosis de un bionutriente (fitomas-E) en el cultivo de frijol encontró que su testigo fue el que produjo menos k/ha alcanzando un valor de 620 Kg/ha, mientras que el tratamiento 3 de Fitomas-E fue el que mayor rendimiento tuvo con 1540 Kg/ha de frijol.

En la figura 12. Se puede observar, que las plantas testigo presentaron menor kilogramo por hectárea comparado con las plantas con las concentraciones más

altas, siendo las plantas tratadas con mayor concentración del producto SAGIB las que presentaron un mayor rendimiento.

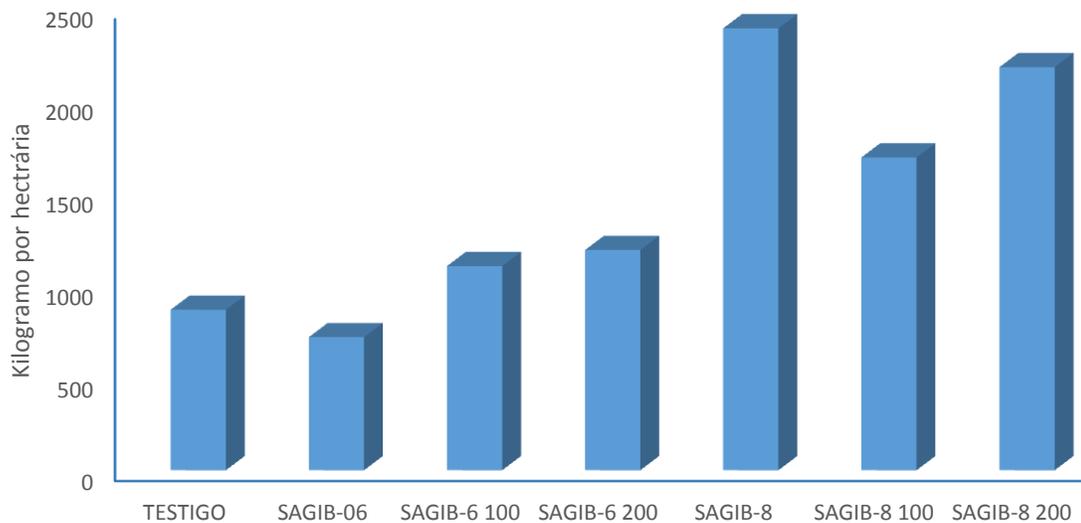


Figura 12. Kilogramo por hectárea de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Negro San Luis, asperjado con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo permiten concluir que el crecimiento y desarrollo de las plantas de frijol, se vio favorecido por las aplicaciones del producto SAGIB, incrementando algunos índices y cambiando el patrón de distribución de biomasa nueva producida.

La aplicación del producto SAGIB modificó en general los componentes del rendimiento logrando incrementar significativamente la producción del cultivo, con lo cual este producto ya pudiera ser recomendado a los productores.

## LITERATURA CITADA

- Acosta-Díaz E., C. Trejo-López, L. Ruiz-Posadas, S. Padilla-Ramírez, y J. A. Acosta-Gallegos. 2004. Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. *Terra* 22: 49-58
- Amal, M. S. Y Amira, M. H. 2009. Effect of Acetylsalicylic Acid, Indole-3- Bytric Acid and Gibberellic Acid on Plant Growth and Yield of Pea (*Pisum Sativum* L.). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4):27-35.
- Amanda, A., A. Ferrante, M. Valagussa, A. Piaggese. 2009. Effect of biostimulants on quality baby leaf lettuce Brown under plastic tunnel. *International Symposium on Strategies Towards Sustainability of Protected Cultivation in Mild Winter Climate. Acta Horticulturae* 807: 407-412.
- Analco, C.K. 2014. Efecto del ácido Salicílico en el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento de un cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, Mexico.79pp.
- Anchondo-Aguilar, A., Núñez-Barríos, A., Ruiz-Anchondo, T., Martínez-Tellez, J., Vergara-Yoisura, S. y Larqué-Saavedra, A. 2011. Efecto del ácido salicílico en la bioproductividad de la fresa (*Fragaria ananassa*) cv Aromosa. *Mexicana Ciencia Agrícola*.2 (2):1-6.
- Apàez-barrios P., Escalante- Estrada J.A., Rodríguez-González M.T. 2011. Crecimiento y rendimiento del frijol chino en función del tipo de espaldera y clima. *Tropical Subtropical Agroecosystems*. 13:307-315.

- Aparecida J., Orika E. 2008. Crecimiento de plantas de *Salvia officinalis* sob acao de reguladores de crecimiento vegetal. Ciencia Rural, Santa María,38(8): 2186-2190.
- Arroyo, V. 2012.Evaluación de tres bioestimulantes en lechuga en condiciones de organopónico, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Carretera Tapaste, San José, Provincia Mayabeque, Cuba, 58-60pp
- Ascencio, I. y Sgambatti, L.1975. Análisis del crecimiento en tres cultivares de caraotas venezolanas (*Phaseolus vulgaris* L.cv coche; cv Cubagua; cv en condiciones de campo. Universidad Central de Venezuela, Maracay. Agronomía Tropical. 25 (2):125-147.
- Barrera-Ortiz, S., Ortiz-Castro, R., López-Bucio, J. y Beltrán-Peña E. 2012. Bases moleculares de la señalización del ácido abscísico y el etileno en plantas. Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas. Ciencia Nicolatiana. 56:53pp.
- Beadle C. F. 1988. Análisis de crecimiento vegetal. In: Coombs J., Hall, D. O., Long, S. P., Scurlock, J. M. (eds.). Técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México, México.19pp.
- Benavides, M. A. 2004. Estrategias para el uso de los mecanismos naturales de tolerancia al estrés en plantas. In: Tópicos selectos de Botánica. ISBN: 970694141X. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Monterrey N.L. México. 163pp.
- Benavides, M.A. 2004.Salicylic Acid as signaling Compound and inductor of Biotic Resistance in Plants. Departamento de Horticultura, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, Mexico. 13pp.

- Borrego F., Fernández J.M., López A., Parga V.M., Murillo M., Carvajal A. 2000. Análisis de crecimiento de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Mesoamericana*. 11 (1):145-149.
- Butler, T. y Hunter, A. 2008. Soil microbial activity and rooting as influenced by biostimulant application under reduced nutrient inputs in the grow-in year of a USGA golf green. II International Conference on Turfgrass Science and Management for Sports Fields. *Acta Horticulturae* 783: 443-452.
- Cabezas M., Sánchez C.A. 2008. Efecto de las deficiencias nutricionales en la distribución de la materia seca en plantas de vivero de curuba (*Passiflora mollissima bailey*). *Agronomía Colombiana*. 26 (2): 197-204
- Carranza C., Lancho O., Miranda D., Salazar M.R., Chaves B. 2008. Modelo simple de simulación de distribución de masa seca en brócoli (*Brassica sp.*) variedad coronado y repollo (*Brassica oleracea*) híbrido Delus cultivados en la sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*. 26:23-31.
- Casierra-Posada F., García N. 2005. Crecimiento y distribución de materia seca en cultivares de fresa (*Fragaria sp*) bajo estrés salino. *Agronomía Colombiana*. 23: 83-89.
- Confalone A.E. 2008. Crecimiento y desarrollo del cultivo de haba (*Vicia faba* L.) parametrización del submodelo de fenología de CROPGRO-FABABEAN. Tesis de Doctorado. Escuela Politécnica Superior. Santiago de Compostela.63pp.

- Durval, D. N., Aparecido, D. G.J., Veira, J. P. A., Nobre, C. P. E ., 2004. Application and influence of crop regulator in the growth of maize plants. *Revista Faculdade de Zootecnia, Veterinaria e Agronomia (FZVA). Uruguiana*, 11(1): 1-9.
- Epuin, C. 2004. Evaluación de tres Bioestimulantes comerciales sobre el rendimiento de cuatro variedades de papa, bajo condiciones de secano en el valle central de la IX región. Tesis de Licenciatura. Universidad Católica de Temuco. Santiago, Chile. 72 pp.
- Escalante-Estrada, J. A., Kohashi-Shibata, J. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. México. 20pp.
- Enríquez del V. J. R; Carrillo C. G; Sánchez G. P; Rodríguez de la N. y Méndez C. M. A., 2001. Efecto de los ácidos salicílico e indol butírico en el Enraizamiento ( invitro) y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). *Revista Fitotecnia México*. 24 (1):71-78.
- Elein, R., Tejada, J. P., DIAZ, A, M. 2013. Respuesta del cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris L.*) var. Verlili a la aplicación de diferentes bioproductos, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 34(3):1-20.
- Gravina, A. 2007. Aplicación del ácido giberélico en Citrus. Departamento de Producción Vegetal. Ecofisiología de Citrus. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Uruguay. 11: 55-66.

- Garner, M. J.; Armitage, A. M. 1996. Gibberellin applications influences the scheduling and flowering of *Limonium* x 'Misty Blue'. HortScience, Alexandria. 31(2):247-248.
- Ghamari, H., Ahmadvand. 2013. Growth Analysis of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Different Weed Interference Situations. Notulae Scientia Biologicae. 5(3):394-399.
- González, L.G. 2009. Evaluación del Biobras-16 en el cultivo del Tomate (*Lycopersicum esculentum* var. Mill) híbrido (H-A3019) en condiciones de cultivos protegidos. Tesis de licenciatura. Contramaestre, Santiago de Cuba. 56 pp
- Guzmán-Antonio, A., Borges-Gómez. L., Pinzón-López, L., Ruiz-Sánchez., E. y Zúñiga-Aguilar, J. 2012. Efecto del Ácido Salicílico y la Nutrición mineral sobre la calidad de Plántulas de chile habanero<sup>1</sup>. Agronomía Mesoamericana. 23(2):247-257.
- Gutiérrez-Coronado. M. A., Trejo-López, C., y Larqué-Saavedra. A. 1998. Effect of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soy bean. Plant Physiol. Biochem. 36:563-565.
- Hadi, H., Ghassemi-Golezani, K., Rahimzadeh, K. F., Valizadeh, M., Reza, S.M. 2006. Response of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) to Different Levels of Shade. Journal of Agronomy. 5(4):595-599.
- Herrera, J., Alizaga, R., Guevara, E., Jimenez, 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. 78pp.

- Hernandez, V. G., Leon, 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 Tecnicas Agropecuarias. 17(4):46-49.
- Hidalgo, R., Araya, C. 2003. Estado de crecimiento óptimo del frijol común para el combate químico de antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) y mancha angular (*Leptotyphlops griseola*) en San Carlos, Costa Rica. Agronomía Costarricense. 17:75-80.
- Hunt, R. 1981. Plant Growth Analysis. The Institute of Biology's Studies in Biology No. 96. Edward Arnold Publishers LTD. London. 34pp.
- Hunt, R. 1990. Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners. Unwin Hyman, Boston. U.S.A. 112 p.
- Hunt, R. 2003. Growth analysis, individual plants, In: B. Thomas, D.J. Murphy and D. Murray (eds.). Encyclopedia of Applied Plant Sciences. Academic Press, London.579-580.
- Iwaki, H., Monsi, M., Midorikawa, B. 1996. Dry matter production of some herb communities in Japan. The eleventh pacific science congress, Tokio, Japan. 1-15.
- Jiménez, L., G. Gonzáles, M.C. Jiménez. 2008. Efectos de tres bioestimulantes sobre los rendimientos en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, var. Mill). Revista Granma Ciencia.12(3): 97-105.
- Jiménez-Artiaga, M.C., L.G. González-Gómez, A. falcón-Rodríguez, S. Espinoza-Montero. 2013. Evaluación de tres bioestimulantes en lechuga en condiciones

- organopónico. Tesis de Licenciatura. Universidad de Granma. Bayamo, Granma, Cuba. 82 pp.
- Kang, M.K., Park, K.S. y Choi D. 1998. Coordinated expression of defense-related genes by TMV infection or salicylic acid treatment in tobacco. *Mol. Cells*. 31:388-392.
- Khan, W., Prithiviraj, B., Smith, D. I. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal Plant Physiology*. 160:485-492.
- Kauffman, G., D. Kneivel, T. Watschke. 2007. Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. William Penn University, Worcester, Massachusetts, United States. *Crop Science*. 47. 261-267.
- La Casa, A. 1990. Fertilización de Origen Biológico. EIDA, Ciudad de La Habana, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 5(3):42.
- Larque-Saavedra, A. and Martin-Mex, R. 2007. Effects of salicylic acid in the bioproductivity of plants. Chapter 2. in: *Salicylic Acid- A plant Hormone*. S. Hayat and A. Ahmad(eds) Springer, New York, U.S.A.15-23.
- Larque-Saavedra, A., Marti-Mex, R., Nexticapan-Garcéz, A., Vergara-Yoisura, S. y Gutierrez-Rendon, M. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Revista Chapingo Serie Horticultura*. Mérida, Yucatán, México. 16 (3):183-187.

- López, T.R., Camacho, R.V., y Gutiérrez, C.A. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. *Terra Latinoamericana*, 16(1): 43-48.
- López, P. Y., y Pouza, B. Y. 2014. Efecto de la aplicación del bioestimulante Fitomas-E entres etapas de desarrollo del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Desarrollo Local Sostenible*. 7(20): 1-10.
- Martin-Mex, R. y Vergara-Yoisura, S., Nexticapán-Garcés, A., Larque-Saavedra, A .2010. bajas concentraciones de ácido salicílico incrementa el número de flores en *Petunia hybrida*. *Agrociencia*. 44:773-778.
- Maillard, G.V., y Escaff G.M.2004. Cultivo de Hortalizas. Decimaquinta Edición. Santiago de Chile, Editorial universitaria S.A.110pp
- Maldonado, G. Corchuelo, G. 1993. Dinámica de dos variables de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomía Colombiana* 10(2): 114-121.
- Mariña, C., M. Nieto, P. Castillo, D. Bruqueta, R. Blaya. 2010. Efecto del bioestimulante Fitomas E sobre el crecimiento, rendimiento y calidad en tabaco negro cultivado sobre bases agroecológicas. *Revista Granma Ciencia*. ISSN 1027-975X. Bayamo, Granma, Cuba. 14(3):10.
- Matos, Y., P. Ochoa, P. Sánchez, M. Menéndez, C. Bustamante. 2010. Efecto del Vitazyme en el crecimiento del cacao a los dos años de edad. [www.ed. http://ediciones.inca.edu.cu/files/congresos/2010/CDMemorias/memorias/ponecias/talleres/PBA/ra/PBA-P.23.pdf](http://ediciones.inca.edu.cu/files/congresos/2010/CDMemorias/memorias/ponecias/talleres/PBA/ra/PBA-P.23.pdf)

- Méndez, J., R. Chang, Y. Salgado. 2011. Influencia de diferentes dosis de Fitomas E en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). ISSN 1027-975X. Manzanillo, Granma, Cuba. Revista Granma Ciencia 15(2):27-35.
- Mendoza, B.A. 2006. El ácido salicílico es un agente señalizador y promotor de resistencia biótica y abiótica en las plantas. Revista Agraria.3 (2):1-10.
- Mora-Aguilar R., Ortiz-Cereceres j., Rivera-Peña A., Mendoza-Castillo M.C., Colinas-León M.T., Lozoya-Saldaña H. 2006. Índices de eficiencia de genotipos de papa establecidos en condiciones de secado. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 12 (1):85-94.
- Montano, R., R. Zuaznabar, A. García, J. Viñals, j. villar. 2007. FitoMas- E. bionutriente derivado de la industria azucarera. Revista, Instituto Cubano de Investigación de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Boyeros, La Habana, Cuba. 41(3):1- 21.
- Ngatia, T. M., Shirbairo, S.I., Emongor, V. E. y Obokosia, S. D. 2004. Effect of levels and timing of application of giberellic acid on growth and yieln components of common beans.African Crop Science Journal, 12(2): 123-131
- Núñez, M., L. M. Mazorra. 2003. Influencia de análogos de brasinoesteroides en la respuesta de plantas de tomate a diferente estrés ambiental. Cultivo Tropical. 24 (1). ISSN 0258-5936. La Habana, Cuba.76pp.
- Ortiz, C., A. Benavidez, T. Lagos, B. Sañudo. 1995. Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento y producción de tubérculos de papa criolla *Solanum phureja* en Botana municipio de Pasto. Tesis de Licenciatura. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. 84 pp

- Orellana, F.A. 2013. Aplicación de bioestimulantes foliares en dos híbridos de melón en palmares, arenillas. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Machala. Provincia del Oro, Republica del Ecuador. 67 pp.
- Palomo, A. Orozco, J. A. Gutiérrez, E. Espinoza, A. Rodríguez, S. 2003. Análisis de crecimiento de variedades de algodón transgénicas y convencionales. Línea de Investigación en Producción Agrícola del Posgrado en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México. 126pp.
- Radford, P.J.1967. GROWTH analysis formulae, their use and abuse. *Crop Science*.7(3): 171-175.
- Ramírez R. H; Rancaño A; Benavides M. A., Mendoza V. R y Padrón C. E., 2006.Influencia de promotores de oxidación controlada en hortalizas y su relación con antioxidantes. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2): 189-195.
- Ramírez, H. 2012.El uso de hormonas en la producción de cultivos hortícolas para exportación.37pp
- Rangel, S. G., Castro, M. E., Belran, P. E., Reyes, C. H., Garcia, P. E. 2010, El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas, *Revista de la DES Ciencias Biológicas*. 12(2):90-95.
- Raven, H.P., Evert, F.R. Y Eichhorn.1992. *Biología de las plantas*. Departamento de biología animal, Biología Vegetal y Ecología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Barcelona. Editorial Reverte S.A.372pp

- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol, Plant Mol. Biol.* 43:439-463.
- Rodríguez, F.P. y Castillo, C. J. 2012. Efecto de los bioestimulantes foliares en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus*, L.) sarig-454 en casas de cultivo protegido, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. 1(2):44- 52.
- Rodolfo-Martin. Y Larqué-Saavedra. 2003. Efecto de Salicilatos en la Productividad de Pepino Europeo (*Cucumis sativus* L.). X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas y II Internacional de Horticultura Ornamental. Chapingo, México. 129pp.
- Ruiz, J., E. Terry, T. Tejada, M. Díaz. 2009. Aplicación de bioproductos a la producción ecológica de tomate. *Cultivos Tropicales*. ISSN 0258-5936. La Habana, Cuba. 30(3):56-64
- Rulfo, V.F., Miranda, H. 1972. Leguminosas de grano, XVIII Reunión Anual, Programa Cooperativo Centroamericano para el Manejo de Cultivos Alimenticios. Managua, Nicaragua. 230pp
- Sadava, D. 2009. Vida: la ciencia de la biología. 8 Edición Editorial Médica Panamericana S.A. Buenos Aires, Argentina. 1376pp.
- Sanchez-Chávez, E., Barrera-Tovar, R., Muñoz-Márquez, E., Ojeda-Barrios, D.L. y Anchondo-Ajera, N, A. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(1): 63-68.

- Santella, M., Madriz, P., Moratinos, H.A.M.2001. Evaluación del rendimiento de siete genotipos de frijol mungo (*Vigna radiata L.*) como leguminosa granifera en Maracay, Estado Aragua. Revista de la Facultad de Agronomía 27:67-75.
- Santeliz, G. y Mujica, P.E.1991.Analisis del crecimiento de las variedades de soya Cristalina y DPA-2 (*Glycine max (L) Merr*) en condiciones de invernadero. Revista Bioagro.3 (1):1-10.
- Seong-Jin, C. 2004. Sample Purifictio Using Polyvinylpyrrolidone for the HPLC Analysis of Salicylic Acid fron Cucumber Leaf Extrac. Jurnal of the Korean Society for Horticultural Science.12:277-383.
- Silva, G.M., Gamez, G.H., Zavala, G. F., Cuevas, H.B., y Rojas, G.M. 2001. Efecto de cuatro Fitorreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. CIENCIA UANL, 4(1) 69-75.
- Silva, K. 2007. Evaluación de volúmenes de alvéolos y mezclas de sustratos sobre la calidad del plantín de radicchio (*Cichorium intybus L.*) y su posterior comportamiento en campo. Tesis de Licenciatura. Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile. 57 pp.
- Scòrzynska-Pilot, E., Baszynski, T. 1995. Photochemical activity of primary leaves in cadmium stressed *Phaseolus coccineus* depends on their growth stges. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 64(3): 273-279.
- Stailin, L.L. 2009. Evaluación de varios bioestimulantes foliares en la producción del cultivo de soya (*Glycine max L.*) en la zona de Babahoyo Provincia de los Ríos. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil Ecuador.81pp.

- Smith, A., y San José, J.J.1979.Productividad del maíz (*Zea mays* L.) en las condiciones climáticas de los llanos altos centrales de Venezuela. ii. crecimiento del híbrido Obregón sembrado en la temporada seca. Revista de Agronomía Tropical. 29(5): 439-451.
- Schmidt, R. E., Ervin, E. H., Zhang, X. 2003. Questions and answers about biostimulants. Research. VirginiaTech, Blacksburg, United States. 94pp.
- Tapia M. A., Arévalo M. 2008. Estudio de seis bioestimulantes orgánicos enraizadores en el cultivo de maíz en condiciones de secano. Tesis de Doctorado. Universidad Ecuatoriana. Quito Ecuador. 56 pp
- Valencia, M.E. 2012. Evaluación del efecto de biorreguladores para mejorar el amarre, rendimiento y calidad del fruto en tomate de árbol (*Solanum betaceum cav.*) cultivar anaranjado gigante”. Tesis de Licenciatura. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.98pp
- Villar, J., R. Montano, R. López. 2005. Efecto del bioestimulante Fitomas E en cultivos seleccionados ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar. 39(2):41-45.
- Velasco, B.E. y Aldozaba, R.M. 2003. Influencia de cuatro niveles de humedad del suelo sobre el crecimiento de la soya (G7-R315), cultivada en tres épocas (III): área foliar específica, relación de peso foliar y relación de área foliar. Alimentaria. 349: 137-141.
- Weaver, R. 1980. Reguladores de crecimiento en las plantas en la agricultura. Cuarta Edición. Editorial: Trillas. México, DF. 76 pp.

- Yáñez, J.N. 2002. III. Nutrición y Regulación del crecimiento en Hortalizas y Frutales. Tecnología, Comercio y Servicios Agrícolas Mundiales. Saltillo, Coahuila, Mexico.22pp.
- Yaxi, Z. Shaohua, X., Pinto, D., Dongmei, W. Yuti, C., Jing, H., Minghui, G. Fang, X., Yan, L., Zhaohai, Z. ,Xin L.y Yuelin, Z. 2010, control of salicylic acid synthesis and systemic acquired resistance by two members of a plant specific family of transcription factors. *Biological Sciences Plant Biology*. 23(6): 2010-2032.
- Zavala, R. M. G. 2014. Efecto del Ácido Salicilico en el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento de Dos Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Bajo Condiciones de Temporal .Tesis de Licenciatura. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.76pp.
- Zhang, X. y R. E. Schmidt. 1999. Antioxidant responses to hormone-containing products in Kentucky bluegrass subject to drought. *Crop Science*. . United States.39 (2). 30-39.
- Zuaznabar, R., G. Pantaleón, N. Milanés, I. Gómez, A. Herrera. 2013. Evaluación del bioestimulante del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar Fitomas E en el estado de Veracruz, México. *Revista, Instituto Cubano de Investigación de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) ISSDCA 0138 6204*. Veracruz, México.47 (3):1-10.
- Zucareli, C., Ramos, J., Alvez de O. M., Cavariani, C., Nakagawa, J. 2012 growth of *Phaseolus vulgaris* cv. IAC carioca tybata due to phosphate fertilization. *Revista de Ciencias Agroveterinarias*. 11(3): 213-221.

