

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 Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Brandywine Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

**JORGE LUIS URSULA DOLORES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila, México

Octubre del 2015

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 Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Brandywine Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

**JORGE LUIS URSULA DOLORES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Aprobada por el Comité de Asesoría

  
Dr. Manuel De La Rosa Ibarra  
Asesor Principal

  
Dra. Silvia Yudith Martínez Amador  
Coasesor

  
M.C. Laura María González Méndez  
Coasesor

  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía

  
Coordinación  
División de Agronomía  
Saltillo, Coahuila, México

Octubre del 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

POR DARME LA OPORTUNIDAD DE CUMPLIR UN SUEÑO MAS EN MI VIDA Y DARME ESA FORTALEZA EN PODER TERMINAR MI CARRERA PROFESIONAL, TAMBIEN POR CUIDARME EN DIAS TRISTES Y DIAS FELICES DURANTE MI VIDA RECORRIDA.

### **A LA VIRGEN DE GUADALUPE**

POR GUIAR MI CAMINO, CUIDARME DURANTE CINCO AÑOS DE ESTANCIA EN LA UNIVERSIDAD NUNCA PERDER LA FE PARA PODER SEGUIR ADELANTE EN ESTOS CINCO AÑOS

### **A MI ASESOR PRINCIPAL DE TESIS**

AL DOCTOR **MANUEL DE LA ROSA IBARRA** POR PERMITIRME FORMAR PARTE DE SUS TESIS Y ESTAR AL PENDIENTE CON ESTA INVESTIGACION, SUS CONOCIMIENTOS, SUS ORIENTACIONES, SU PACIENCIA Y MOTIVACIÓN HA SIDO FUNDAMENTAL PARA INCULCAR EN MI RESPONSABILIDAD Y RIGOR PARA MI VIDA PROFESIONAL

### **A MIS COASESORES:**

A LA DRA. **SILVIA YUDITH** Y LA M. C. **LAURA MARIA** QUE FUERON PARTE DE MI JURADO Y DE HABERME APOYADO A PODER REVISAR ESTA INVESTIGACION.

### **A MIS PADRES:**

A MI APRECIADA MADRE **EUGENIA DOLORES BERNABE** QUE SIEMPRE SERA LA MOTIVACION DE MI VIDA Y LA MUJER MAS MARAVILLOSA QUE RESPETO, QUIERO Y ADMIRO, QUE CON SUS PALABRAS DE ALIENTO PUDIERA SEGUIR ADELANTE CON MI CARRERA

A MI EJEMPLO A SEGUIR A MI PADRE **ANTONIO URSULA MARTINEZ** GRACIAS POR HABERME EDUCADO ASI, ESTOY MUY ORGULLOSO DE PODERME DAR LA MEJOR HERENCIA, QUE ES MI CARRERA Y DE QUE HA SIDO MI GUIA Y MI CAMINO PARA PODER LLEGAR A ESTE PUNTO DE MI CARRERA PROFESIONAL QUE CON SU DEDICACIÓN Y ESFUERZO DE TRABAJO, VIO LA MANERA DE NO BAJAR LOS BRAZOS EN SITUACIONES COMPLICADAS POR QUE ESO ME SIRVIO DE EJEMPLO DE HECHARLE MUCHO MAS GANAS Y DE JAMAS RENDIRME.

### **A MIS HERMANOS**

**MAYRA, LIC. GERARDO, LAURA Y ALBERTO ANTONIO** QUE SON UNA PARTE FUNDAMENTAL DE MI VIDA PARA QUE SIGUIERA ADELANTE CON MI CARRERA Y MOTIVACION PARA QUE SIGAMOS UNIDOS COMO HERMANOS.

### **A MI TIA**

A MI TIA **ING. JOSEFINA DOLORES BERNABE** QUE HA SIDO COMO UNA SEGUNDA MADRE GRACIAS POR SUS CONSEJOS APOYO DURANTE MI VIDA PROFESIONAL QUE FUE UNA FUENTE DE AYUDA PARA QUE SIGUIERA ADELANTE

### **A MIS AMIGOS**

DE LA **GENERACION CXIX, ARACELY SANCHEZ, MARIA DEL ROSARIO, LARISSA, FLOR PACHECO, MARTHA LUCIA, LAURA HEREDIA, JEREMIAS CRUZ, ERI PEREZ, PEDRO CRUZ, ALDO GARCIA, ROMAN PONCE, MATEO PEREZ, AMALIA ALVARADO, YANIS, MARIELA HERNANDEZ, TERE.**

PERO EN ESPECIAL A **ARA, CHAYITO, AMALI, CAPRI, LAURA, JERE, ERI, MATEO** AGRADECERLES POR LOS CONSEJOS Y SOBRE TODO SU APOYO INCONDICIONAL DURANTE EL TIEMPO EN LA UNIVERSIDAD ME PERMITIERON CONVIVIR EN SU VIDA DURANTE CINCO AÑOS FUERON MI MEJOR EQUIPO. MI AMIGA CONFIABLE ESTOY EN DEUDA CONTIGO, LA QUE SE PREOCUPABA LO MAS MINIMO, EL REFUERZO, LA RISA Y EL RELAX, LA MOTIVADORA, EL CHINGON Y MEJOR AMIGO, EL INTELIGENTE, EL ROLLERO. MIS MEJORES DESEOS PARA USTEDES Y BENDICIONES Y RECUERDEN CUALQUIERA QUE SEA SU TRABAJO Y ASPIRACION ESFUÉRCENSE POR LOGRAR LO QUE QUIEREN

AL **M. C. RICARDO RAMIREZ ZAMBRANO** AGRADECERLE POR EL APOYADO DURANTE ESTA INVESTIGACIÓN Y DE SENTIRME EN DEUDA POR EL APOYO DE AYUDA DURANTE TODA LA INVESTIGACIÓN

A LA **FAMILIA URSULA Y FAMILIA DOLORES** AGRADECERLE POR LA MOTIVACION EN MI VIDA PROFESIONAL.

A MIS COLEGAS AL **ING. HENRY A. BARTOLOMEN Y ING. AXEL FRANCISCO DE LA CRUZ** AGRADECERLES QUE DESDE QUE ENTRE A LA UNIVERSIDAD FUERON UN MOTIVO DE APOYO, DE QUE SUS REGAÑOS Y ENSEÑANZAS SIGUIERA ADELANTE AL ESTUDIO Y POR LOS MOMENTOS QUE CONVIVIMOS Y QUE SIEMPRE ME DECIAN LA FRASE "SE EL MEJOR"

A **MARITZA JOAQUIN** QUE GRACIAS POR LOS MOMENTO BUENOS QUE CONVIVIMOS Y POR EL APOYO Y CONSEJOS QUE ME BRINDASTES DURANTE MI CARRERA.

A MIS AMIGOS DEL RANCHO QUE SIN DUDA EN ALGUN MOMENTO FUERON PARTE DE MOTIVACIÓN Y DE APOYO.

A MIS COMPAÑEROS DE INTERNADO DEL PARAISO CUARTO NUMERO 12 Y LOS DEL MODULO NUMERO 23 POR LO MOMENTOS DURANTE LA UNIVERSIDAD.

A LA SEÑORA **AMELIA KOVACS** Y A MI PADRINO **MIGUEL KOVACS** AGRADALECERLE POR EL APOYO QUE ME BRINDARON DURANTE MI VIDA PROFESIONAL

A LOS **MAESTROS** QUE ME IMPARTIERON CLASES AGRADECERLES POR LO QUE ME ENSEÑARON DE SUS CONOCIMIENTOS TANTO DE LA PROFESIÓN COMO DE LA VIDA, IMPULSÁNDOME SIEMPRE A SEGUIR ADELANTE.

A MI **ALMA TERRA MATER** QUE FUE LA MEJOR OPCION DE AVER PODIDO ELEGIR PARA FORMARME COMO TODO UN PROFESIONAL

***"LA FE ME GUIO Y LA RECOMPENSA ES DE QUE SI LO PUDE LOGRAR"***

## DEDICATORIA

### A DIOS Y A LA VIRGEN DE GUADALUPE

*POR PERMITIR UN SUEÑO MÁS DE MI VIDA DURANTE MI VIDA PROFESIONAL QUIEN SUPIERON GUIARME POR EL BUEN CAMINO, DARME LA FE PARA SEGUIR ADELANTE Y RESOLVER LOS PROBLEMAS QUE SE PRESENTABAN, ENSEÑÁNDOME A ENFRENTARME A LOS OSTACULOS*

### A MI APRECIADA MADRE:

---

***EUGENIA DOLORES BERNABE** DEDICARLE ESTA INVESTIGACION QUE ES SU ESFUERZO, SUS PALABRAS GUIARON MI PASOS, SU CARÍÑO SUAVIZO MI CARÁCTER Y SU AMOR INCONDICIONAL ILUMINA MI VIDA*

---

### A MI PADRE:

---

***ANTONIO URSULA MARTINEZ** DEDICARLE ESTE ESFUERZO TAN GRANDE QUE ES DE USTED, PORQUE SU DEDICACIÓN HAN HECHO QUE NO ME FALTE NADA Y FORMARME COMO UN HOMBRE DE BIEN*

---

### A MIS HERMANOS:

***MAYRA, LIC. GERARDO** EN ESPECIAL A LOS MAS PEQUEÑOS PARA **LAURA** Y **ALBERTO** QUE SEA UN MOTIVO PARA QUE SIGAN ADELANTE EN SUS ESTUDIOS Y SEA UN EJEMPLO.*

### AL PRIMER SOBRINO:

***ALEXANDRO** QUE ES LA ALEGRIA DE LA FAMILIA Y DE QUE SEA UN EJEMPLO A SEGUIR ADELANTE.*

### A MI TIA

***ING. JOSEFINA DOLORES BERNABE** DEDICARLE ESTA INVESTIGACIÓN YA QUE SUS CONSEJOS Y MOTIVACION ME PERMITIERA SEGUIR ADELANTE*

### A LA FAMILIA:

***URSULA MARTINEZ Y DOLORES BERNABE***

***“LA AGRICULTURA ES LA PROFESION PROPIA DEL SABIO, LA MAS ADECUADA AL SENCILLO Y LA OCUPACIÓN MAS DIGNA PARA TODO HOMBRE LIBRE”***

*(CICERÓN)*

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	V
INDICE DE CONTENIDO.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE CUADROS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
HIPÓTESIS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Fitorreguladores y reguladores de crecimiento.....	4
Ácido giberelico en las plantas.....	5
Ácido salicílico.....	7
Origen y síntesis del ácido salicílico.....	8
Función del ácido salicílico en plantas.....	10
Ácido salicílico y resistencia a patógenos.....	13
Ácido salicílico en frutales.....	14
Ácido salicílico en cultivos de granos.....	15
Ácido salicílico en cultivos de flor.....	16
Ácido salicílico en hortalizas.....	17
bioestimulantes.....	20
Efecto de los bioestimulantes en diferentes cultivos.....	21
Análisis de crecimiento en tomate.....	23
Coeficientes Partición de Biomasa (CPB).....	24
Índices de Crecimiento.....	25
Tasa de Crecimiento Relativo (TCR).....	25
Tasa de Asimilación Neta (TAN).....	25
Relacion de Area Foliar (RAF).....	26
Relación de Peso Foliar (RPF).....	26
Área Foliar Especifica (AFE).....	27
Componentes del Rendimiento.....	28
MATERIALES Y METODOS.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
Coeficientes de Partición de Biomasa.....	34
Índices de Crecimiento.....	40
Componentes del Rendimiento.....	53
CONCLUSIONES.....	59
LITERATURA CITADA.....	60

## INDICE DE FIGURAS

No. de Figuras	página
<b>Figura 1.</b> Vía propuesta de síntesis del ácido salicílico en <i>Arabidopsis</i> (Jordán y Casaretto, 2006).....	<b>9</b>
<b>Figura 2</b> Comparación de la variable Tasa de Crecimiento Relativo de un cultivo de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	<b>43</b>
<b>Figura 3.</b> Comparación de la variable Tasa de Asimilación Neta de un cultivo de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	<b>45</b>
<b>Figura 4.</b> Comparación del Relación de Área Foliar de un cultivo de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	<b>47</b>
<b>Figura 5.</b> Comparación de la Relación de Peso Foliar de un cultivo de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	<b>49</b>
<b>Figura 6.</b> Comparación del Área Foliar Especifica de un cultivo de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	<b>52</b>
<b>Figura 7.</b> Comportamiento de la variable número de racimos por planta de un cultivo de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	<b>54</b>
<b>Figura 8.</b> Comportamiento de la variable número de frutos por planta de un cultivo de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	<b>56</b>
<b>Figura 9.</b> Comportamiento de la variable peso fresco del fruto por m <sup>2</sup> de un cultivo de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	<b>57</b>
<b>Figura 10.</b> Comportamiento de la variable Rendimiento (Ton/ha) de un cultivo de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	<b>58</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

No. de cuadro	Página
<b>Cuadro 1.</b> Análisis de varianza y comparación de medias de Coeficientes de Partición de Biomasa en un cultivo de tomate ( <i>Solanum lycopersicum L.</i> ) var. Brandywine tratados con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	<b>35</b>
<b>Cuadro 2.</b> Análisis de varianza y comparación de medias de los índices de crecimiento en un cultivo de tomate ( <i>Solanum lycopersicum L.</i> ) var. brandywine tratados con diferentes concentraciones del producto SAGIB.....	<b>42</b>
<b>Cuadro 3.</b> Análisis de Varianza y Comparación de Medias de los Componentes del Rendimiento en un Cultivo de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum L.</i> ) var. Brandywine tratados con Diferentes Concentraciones del Producto SAGIB.....	<b>53</b>

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del producto SAGIB a diferentes concentraciones realizada al evaluar el crecimiento y desarrollo de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Brandywine, aplicando el producto SAGIB a diferentes concentraciones. Esta investigación se realizó en el invernadero de alta tecnología del Departamento de forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Se utilizó un diseño completamente al azar, con 7 tratamientos con diferentes concentraciones, T1= Testigo, T2= SAGIB-08, T3= SAGIB-10, T4= SAGIB-0812, T5= SAGIB-0825, T6= SAGIB-1012, T7= SAGIB-1025 en 3 repeticiones y 6 muestreos con un diseño completamente al azar. Se evaluaron los coeficientes de partición de biomasa (CPB) en raíz, tallo, hoja, flor y fruto. Donde también se evaluó los índices del crecimiento, Tasa de crecimiento relativo (TCR), Tasa de asimilación Neta (TAN), Relación del área foliar (RAF), Relación de peso foliar (RPF) y Área Foliar Especifica (AFE). En el CPB de tallo las plantas tratadas con las concentraciones de SAGIB-08; SABIG-1012 y SAGIB-1025 enviaron 3% más de biomasa nueva producida superando a las plantas testigo. En la variable TCR, TAN, RAF y AFE la concentración SAGIB-1012–indujeron mejores resultados que los demás tratamientos así mismo superando al testigo. Al evaluar el rendimiento el producto SAGIB con diferentes concentraciones provoca mayor número de racimos por planta, número de frutos por planta, peso fresco del fruto/m<sup>2</sup> y siendo la concentración SAGIB-1012 la que indujo con un 39.12 ton/ha superando a las plantas testigo con más de 2.46 ton/ha. Los resultados de esta investigación permiten concluir que la aplicación del producto SAGIB en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Brandywine bajo condiciones de invernadero incrementó el crecimiento, desarrollo y rendimiento en Ton/ha.

Palabras claves: SAGIB, Coeficientes de Partición de Biomasa, Índices de crecimiento.

Correo electronico: Jorge Luis Úrsula Dolores , [agro29\\_jorge@hotmail.com](mailto:agro29_jorge@hotmail.com)

## INTRODUCCIÓN

Las fitohormonas son compuestos orgánicos producidos por la misma planta, que en bajas concentraciones regulan el proceso fisiológico de las mismas. Gran parte de las fitohormonas, tienen aplicación directa en la agricultura principalmente en el crecimiento y desarrollo (Neil *et al.*, 2001). Una de las fitohormonas de usos más recientes es el ácido salicílico (AS) es un derivado fenólico, distribuido en una amplia gama de especies de plantas. Es un producto natural del metabolismo de fenilpropanoides. Entre otras respuestas en las plantas, se ha reportado que el ácido salicílico afecta diversos procesos fisiológicos como la fotosíntesis, el crecimiento vegetal, el metabolismo del nitrato, la producción de etileno (Hayat *et al.*, 2007).

El ácido salicílico actúa en varios procesos de algunos cultivos como es el caso de coliflor, brócoli, repollo y acelga, en una concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M demostraron que el repollo alcanzó un crecimiento mayor en la longitud de la raíz. En coliflor se obtuvo mayor altura de la planta. El brócoli aumento la longitud de la raíz y altura de la planta, por otra parte la acelga presento mayor peso de materia fresca total, con respecto al testigo (Ramírez *et al.*, 2006). Por su parte Sánchez (2002) al realizar un análisis comparativo de AS en emergencia y crecimiento de plántulas de lechuga obtuvo una mejor respuesta con respecto al testigo.

La aplicación de ácido salicílico en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) incrementó la altura, el área foliar, el peso del vástago, así como la longitud, el perímetro y el área de la raíz, en donde el incremento de longitud de la raíz fue de 43%, 14.8% el tamaño del tallo y 38.6% el área foliar en comparación con el control (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. *brandywine* es uno de los cultivos de mayor importancia mundial por su alto consumo, y aunque bajo condiciones de invernadero, las plantas logran un crecimiento y desarrollo más rápido, los rendimientos no son los óptimos porque las plantas no alcanzan a expresar su máximo potencial genético. Por lo anterior los agricultores obtienen bajos rendimientos, teniendo así pérdidas en el ingreso económico lo cual provoca una no muy buena rentabilidad del cultivo.

En la actualidad las formas de producción agrícola sigue siendo un reto para la agricultura en donde la búsqueda de nuevas alternativas como la aplicación de nuevos bioestimulantes hechos a base de fitorreguladores en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. *Brandywine*, se presenta como una opción favorable donde se busca que tenga un efecto significativo en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo, lo que para los agricultores le significará un incremento en la producción del cultivo y por lo tanto también beneficios económicos.

## OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto del producto SAGIB a diferentes concentraciones en un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) var. Brandywine para incrementar el crecimiento, desarrollo y rendimiento bajo condiciones de invernadero.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto del producto SAGIB en los coeficientes de partición de biomasa de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) var. Brandywine para ver su distribución en tallo, hoja, raíz, flor y fruto, bajo condiciones de invernadero.
- Evaluar el efecto del producto SAGIB en los índices de crecimiento de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) var. Brandywine para incrementar el crecimiento, desarrollo y rendimiento bajo condiciones de invernadero.

## HIPÓTESIS

Al menos una de las concentraciones aplicadas del producto SAGIB en la evaluación modificara el crecimiento, desarrollo y rendimiento de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) var. Brandywine bajo condiciones de invernadero.

## REVISION DE LITERATURA

### Fitohormonas y Reguladores de crecimiento

Las fitohormonas son compuestos orgánicos producidos por la misma planta, que en bajas concentraciones regulan el proceso fisiológico de las mismas. Gran parte de las fitohormonas, tienen aplicación directa en la agricultura principalmente en el crecimiento y desarrollo (Neil *et al.*, 2001). Así mismo 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 vegetales regulan el crecimiento y desarrollo de plantas al afectar a una gran variedad de procesos celulares, fisiológicos y de desarrollo, incluyendo, pero no limitados a, la división celular y el alargamiento, la regulación estomática, la fotosíntesis, la transpiración, la absorción de iones y el transporte, la iniciación de la hoja, flor y desarrollo de los frutos y senescencia (Ashraf *et al.*, 2010).

Los reguladores de crecimiento son utilizados en diversas áreas de la agronomía, que en pequeñas cantidades y/o por naturaleza actúan fomentando, inhibiendo o modificando el desarrollo propio de las plantas, relacionándolas inicialmente con la acción similar de las sustancias que se encuentran presentes en los animales ya que ciertos de ellos actúan de manera similar a como lo hacen las fitohormonas

endógenas (Guevara, 1987). Así mismo Girling *et al.*, (2008) mencionan que los reguladores de crecimiento de las plantas son compuestos orgánicos de origen natural o sintético que en los últimos años se han venido empleando en la agricultura, acelerando, inhibiendo o modificando de alguna forma los procesos fisiológicos de las plantas. En años recientes algunos nuevos grupos de hormonas han sido identificados, como el ácido salicílico (AS) el cual se encuentra de forma natural en las plantas, jugando papeles importantes en el crecimiento, defensa contra plagas y patógenos.

#### Ácido giberelico en las plantas

De la Vega y Alizaga (1987) demostraron que dosis de ácido giberelico (AG3) desde 50 hasta 200 ug/ml y periodos de preenfriamiento de 5 a 25 días se aplicaron a semillas de salvia para interrumpir su periodo de reposo en el laboratorio. El mayor promedio general de plántulas normales en el laboratorio se obtuvo con las dosis de 100 y 150 ug/ml de AG3 por lo que estas fueron seleccionadas para ser probadas en el invernadero. Los incrementos fueron entre 15% y 36% en la emergencia de plántulas al tratar las semillas con dosis de AG3.

En estudios realizados en respuesta de semillas de tomate híbrido Calima a cinco concentraciones de ácido giberélico (0, 200, 400, 600, 800 mg L<sup>-1</sup>). La concentración de 400 mg L<sup>-1</sup> de GA3 incidió favorablemente en el tiempo medio de germinación y la velocidad media de germinación con la misma concentración presentó plántulas con mayor crecimiento lo cual se expresó en la altura de plántula (10 cm), un diámetro de tallo de 3,1 mm y una masa fresca de 0,64 g.(Fraile-Robayo *et al.*, 2013). Así mismo por otra parte en plántulas de tomate los resultados demostraron que la aplicación de

giberelinas incrementó significativamente la altura, el diámetro del tallo, el largo y número de hojas, así como el peso fresco total, peso fresco de la raíz y volumen radicular. (Ortega-Martínez *et al.*, 2013).

Se encontró que el ácido giberélico (GA3), aplicado como una dispersión acuosa en la lanolina a los tocones de tallos decapitados de plantas de *Phaseolus vulgaris L.*, para promover la transferencia de  $^{14}C$  y asimilados marcadas con  $^{32}P$  al sitio de aplicación de la hormona. El tiempo entre la aplicación de GA3 y la detección de un flujo de transporte mejorada era independiente de la longitud de la vía de transporte. En general, la evidencia obtenida indica que GA3 no actuaba en cualquier proceso de transferencia de mando a distancia de su punto de aplicación de la hormona. (Mulligan y Patrick, 1979).

Investigaciones realizadas por Villanova y Larios (1972) al aplicar ácido giberélico a plántulas de frijol en la zona apical del tallo a una concentración de 50 ppm a los 14 días ya germinadas las plántulas ocasiono un aumento significativo de aproximadamente el 20% en el peso total de las plantas, el alargamiento del tallo, altamente significativo, la reducción del peso seco del sistema radical, además de incrementar significativamente la relación partes aéreas/raíces y el número de hojas.

Por otro lado Nieman y Bernstein (1959) al asperjar ácido giberélico en las hojas del cultivo de frijol a una concentración de 10 y 100 ppm en dos niveles de salinidad (bajo 0 y 1.5 atm; y alto 3 y 4.5 atm) encontraron que a bajas concentraciones de salinidad, el ácido giberélico aumento la longitud del tallo, el peso fresco y seco de la planta, el área por hoja, área total de las hojas de toda la planta y el rendimiento en granos, mientras que a altas concentraciones el ácido giberélico indujo un

crecimiento tan severo que suprimió la expresión de todos los efectos del ácido. Al aplicar diferentes concentraciones de ácido giberelico en dos variedades de frijol (0, 0.5, 2, y 8 ppm para la variedad Poncho y 0, 31, 25, 125, y 500 ppm para la 18 var. Matterhorn). Pavlista *et al.*, (2013) encontraron un aumento significativo en el rendimiento de ambas variedades de un 14% al 18 % en las concentraciones más altas del ácido giberelico.

### Ácido salicílico

Una de las fitohormonas de usos más recientes es el ácido salicílico (AS) es un derivado fenólico, distribuido en una amplia gama de especies de plantas. Es un producto natural del metabolismo de fenilpropanoides. Entre otras respuestas en las plantas, se ha reportado que el ácido salicílico afecta diversos procesos fisiológicos como la fotosíntesis, el crecimiento vegetal, el metabolismo del nitrato, la producción de etileno (Hayat *et al.*, 2007). No obstante, también existen reportes sobre el efecto inhibidor del AS en el crecimiento de raíces como una respuesta alelopática (Shettel y Balke, 1983). Así mismo menciona Hayat *et al.*, (2010) que el AS un regulador del crecimiento vegetal endógeno se ha encontrado para generar una amplia gama de respuestas metabólicas y fisiológicas en plantas con efectos en su crecimiento y desarrollo. Por otra parte Najafabadi *et al.*, (2013) mencionan que se ha propuesto que el ácido salicílico (SA) actúa como una molécula de señal endógena responsable de la inducción de la tolerancia al estrés abiótico como estrés por salinidad en las plantas. Se estudió el efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico (SA) y 3 métodos de aplicación (suelo, foliar y cebado) en el diámetro del tallo, peso seco y rendimiento por planta, altura del tallo, número de vainas, número de semillas por

vaina y peso de 100 semillas del frijol blanco (*Phaseolus vulgaris* L.).

Desde muchos años atrás el ácido salicílico (AS) ha sido estudiado como hormona vegetal, más sin embargo desempeña un papel muy importante en las plantas, acerca de cómo es generada, regulada y traducida la señal de ácido salicílico (SA) para dar origen a la muerte celular producida por la respuesta hipersensible (HR), la expresión de genes de defensa (Vlot *et al.*, 2009).

#### Origen y síntesis del ácido salicílico

El ácido salicílico 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 tradicionalmente se utilizaban 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 acetilsalicílico fue introducido en 1898 por Bayer Company (Raskin, 1992). Por otra parte Hedner y Everts (1998) mencionan que los primeros informes clínicos sobre el tratamiento de la fiebre y el dolor con remedios que contienen salicilato de corteza de sauce natural, fueron compuestos por el clérigo Inglés Edward Stone en 1763.

El silenciamiento de genes PAL en el tabaco o químicos inhiben la actividad PAL en *Arabidopsis*, pepino. Los estudios genéticos, por otro lado, indican que la mayor parte de la SA se produce a partir de isocorismato. En las bacterias, SA se sintetiza a partir corismato a través de dos reacciones catalizadas por la sintasa isocorismato (ICS) y piruvato liasa isocorismato (IPL) *Arabidopsis* contiene dos genes de partida

de la ICS, pero no tiene las proteínas de codificación de genes similares a la IPL bacteriana.

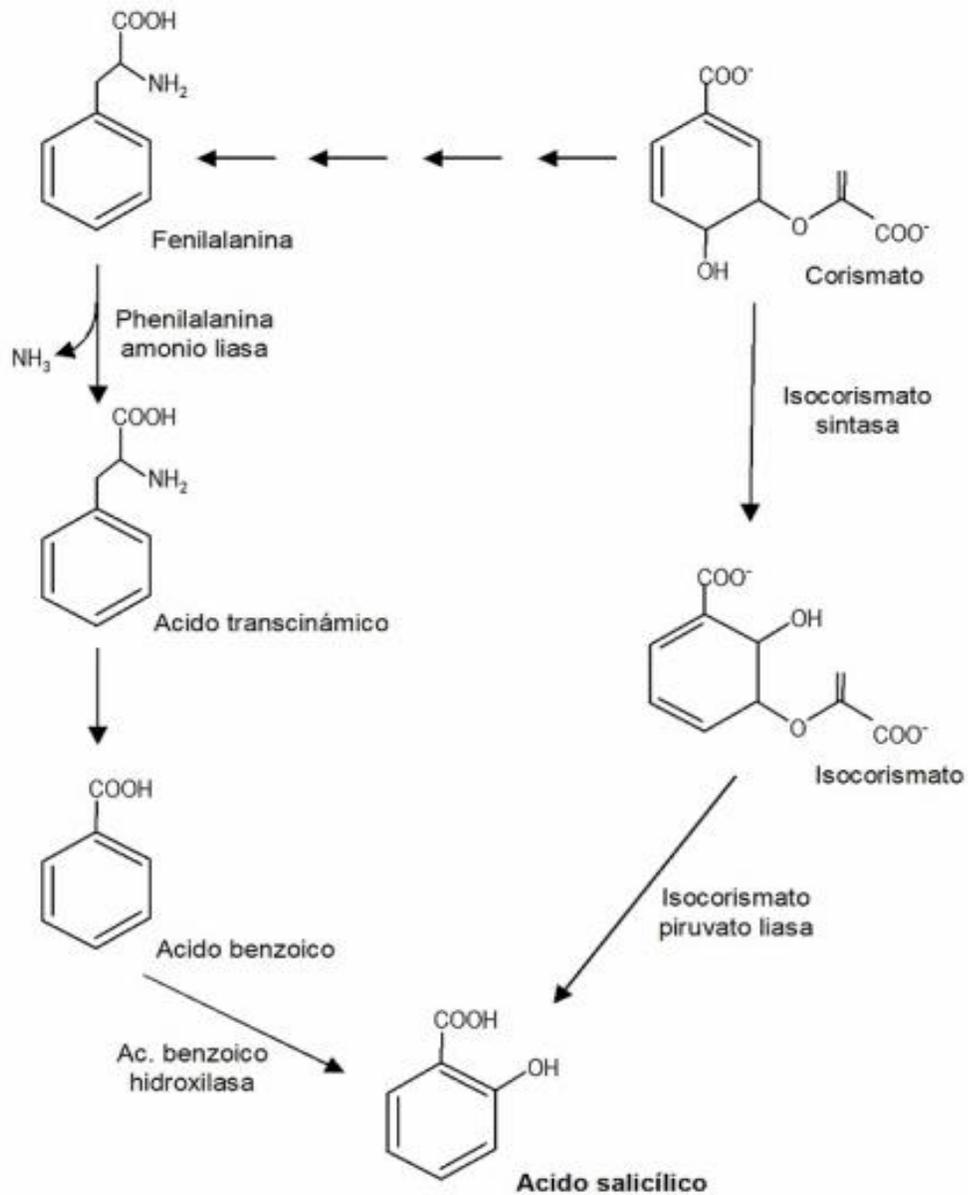


Figura 1. Vía propuesta de síntesis del ácido salicílico en *Arabidopsis* (Jordán y Casaretto, 2006).

Las vías y la regulación de la biosíntesis de AS en las plantas puede ser más complicado de lo que se pensaba anteriormente (Chen *et al.*, 2009). Además la existencia de una ruta similar ha sido descrita para *Arabidopsis* (Wildermuth *et al.*,

2001). El gen SID2 que codifica para una isocorismato sintasa cloroplastica en *Arabidopsis* es inducido en tejidos infectados con patógenos. Esta y otras evidencias sugieren que al menos en *Arabidopsis* existe esta ruta adicional para la síntesis de Ácido Salicílico que involucra a los acidos corismato e isocorismato (figura 1).

En las plantas superiores el AS parece derivar de la vía del shikimato-fenilpropanoides. Se han propuesto dos caminos de síntesis del AS a partir de la fenilalanina, la diferencia entre uno y otro se encuentra en el paso de hidroxilación del anillo aromático. En una reacción mediada por la enzima fenilalanina-amonioliasa la fenilalanina es convertida en ácido cinámico, este último es transformado en ácido benzóico (AB) o en ácido orto-cumárico los cuales se supone son los precursores del AS (Raskin, 1992).

#### Función del ácido salicílico en las plantas

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

encontrado que SA juega un papel durante la respuesta de las plantas al estrés abiótico, tales como sequía, la refrigeración, la toxicidad de metales pesados, el calor, y el estrés osmótico. El descubrimiento de sus objetivos y la comprensión de sus modos de acción molecular en los procesos fisiológicos podrían ayudar en la disección de la compleja red de señalización de SA, confirmando su papel importante tanto en la sanidad vegetal y las enfermedades. (Rivas y Plascencia, 2011).

Generalmente la deficiencia o de un nivel muy alto de AS aumentan la susceptibilidad de plantas al estrés abiótico. Los niveles óptimos para la gama más alta tolerancia al estrés de 0,1 a 0,5 mM para la mayoría de las plantas. Sin embargo, el papel de SA a un cierto nivel en moderada y grave estrés abiótico puede ser diferente (Yuan y Lin ,2007).

El ácido salicílico (AS), se encuentra en las plantas en forma libre o en forma conjugada, a excepción de unas cuantas plantas como la papa y el arroz generalmente no se encuentran gran cantidad de AS endógeno en forma libre. Las formas conjugadas son glicosídeos, ésteres, ácidos dihidroxibenzoicos y amidas. Se supone que cuando se requiera ácido salicílico una parte proviene de las reservas de conjugados (Hennig *et al.*, 1993). También Enyedi *et al.*, (1992) encontraron que la aplicación exógena de ácido salicílico aumenta el nivel de AS endógeno en la parte atacada de la planta por el virus del mosaico del tabaco (*Nicotiana tabacum L.*) aumentando la resistencia sistémica adquirida y reduciendo el área de la lesión, lo cual los datos obtenidos concluyen que la hipótesis de ser una señal natural que desencadena la inducción sistémica de las proteínas relacionadas con la patogénesis y resistencia a las enfermedades.

El ácido salicílico juega un papel esencial en la prevención de daño oxidativo en las plantas por desintoxicar los radicales superóxido, producidos como resultado de la salinidad. La aplicación exógena de las concentraciones más bajas de ácido salicílico ha demostrado ser beneficioso en la mejora del crecimiento de la fotosíntesis y varias otras características fisiológicas y bioquímicas de las plantas. En base a la morfología de las plantas y de investigación parámetros se concluyó que la planta tolerante SA, hizo una respuesta más rápida al estrés abiótico (Joseph *et al.*, 2010). De la misma manera se han realizado investigaciones evaluando el efecto del AS en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) como la realizada por Bekheta y Talaat (2009) en Egipto, quienes aplicaron a plantas de frijol *Vigna radiata* cultivadas en macetas con arena, tratadas con diferentes concentraciones de AS (5, 10 y 15 mg/L) y glutatión (50, 100 y 150 mg/L) mostrando que el frijol con aplicaciones de AS tuvo mejores resultados con un aumento significativo en la altura de la planta, número de vainas/rama, y número de granos/vaina. En otra investigación por Gharib y Hegazi (2010) en plantas de frijol, los tratamientos en semillas con Ácido Salicílico mejoraron significativamente el porcentaje de germinación, tasa de germinación y los criterios de plántulas, en comparación con las semillas de control bajo condiciones de estrés por temperatura óptima y baja. Los resultados indicaron que, ácido salicílico estimula diversos aspectos de crecimiento de plántulas de frijol quizás a través de la interferencia con las actividades enzimáticas responsables de la biosíntesis y/o catabolismo de la promoción del crecimiento y sustancias inhibitoras. Por lo tanto, puede concluir que, SA podría eliminar los efectos negativos de estrés por frío en frijol común.

## Ácido salicílico y resistencia a patógenos

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 (AS) juega un papel preponderante. Sin embargo, su participación como una molécula de señalización en plantas, específicamente durante las reacciones de defensa en contra de patógenos, la importancia de esta fitohormona como una molécula señal clave durante el fenómeno de resistencia a patógenos en plantas (Ranget *et al.*, 2010). El ácido salicílico según Yaxi *et al.*, (2010) es considerado como hormona necesaria para la defensa de la resistencia adquirida, tanto local como sistémica en las plantas. Así mismo es conocido como una sustancia importante, que induce a la resistencia sistémica adquirida frente a los patógenos de las plantas.

Sánchez (2010) menciona que durante un ataque patogénico en las células vegetales ocurre sobreproducción de especies reactivas de oxígeno. Esto provoca estrés oxidativo y daño fisiológico. El ácido salicílico (AS) activó la respuesta de defensa de plantas de papa contra el ataque del fitoplasma, redujo los síntomas de la infección, favoreció la translocación de fotosintetizados e incrementó la calidad de los tubérculos e indujo efectos a corto y largo plazo y fue igualmente eficiente en dos formas de aplicación: primero en cultivo *in vitro* y posterior trasplante o asperjado directamente en condiciones de invernadero. Bajos niveles de AS exógeno (0.1 y 0.001 mM) mostraron mayor actividad biológica. La reducción de daño estuvo asociada con alto contenido de peróxido de hidrógeno y ácido ascórbico, lo que

sugiere una función importante del AS en la regulación de éstas moléculas y contrarresta los efectos dañinos del patógeno.

El ácido salicílico es el sistema de resistencia adquirida a fitopatógenos y la muerte celular hipersensible de las células infectadas. Se demostró que en las plantas enfermas el ácido salicílico induce respuesta protectora, causada por el aumento del nivel de múltiples especies locales reactivas del oxígeno con la participación del oxalato oxidasa y también lignificación de la zona de penetración de patógenos mediante la participación de peroxidasa. La localización de estallido oxidativo conduce a la muerte del patógeno y el aislamiento de los tejidos infectados de 26 acogida que se proporcionaron con especificidad de quitina de estas enzimas (Maksimov y Yarullina, 2007).

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

Ácido salicílico en frutales

El Efecto del Ácido Salicílico en plantas de papaya en diferentes concentraciones de AS sobre los días a floración y sexo de las plantas resulta claro que el Ácido Salicílico, no favorece la precocidad en floración en papaya. Sin embargo, el AS estimulo la presencia de plantas hermafroditas de manera significativa. El tratamiento de plántulas que fueron asperjadas con  $0.01\mu\text{M}$  de Ácido Salicílico favoreció que se presentaran hasta 70% de flores hermafroditas en tanto que el control solo mostró 50%, incremento 19.7% el número de frutos; 2% el peso del fruto y 21.9% el rendimiento por hectárea (Martin *et al.*, 2012). El ácido AS tiene un papel importante en dos fenómenos fisiológicos, en la resistencia de plantas y en la producción de calor en las inflorescencias de la familia PALMACEAE (Raskin, 1992).

#### Ácido salicílico en cultivos de granos

Hernández (2012) menciona sobre estudios realizados en cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L. var. Triunfo F2004 aplicando AS vía foliar) que la aplicación foliar de AS incremento el índice de clorofila ( $10^{-6}$  M) y la tasa de transpiración ( $10^{-8}$  M) en 4.14% y 8.75% respectivamente, la biomasa ( $10^{-8}$  M) y longitud radical ( $10^{-8}$  M) aumentó en un 17.04% y 4.72% y el rendimiento de grano ( $10^{-10}$  M) tuvo un incremento de 37.22% debiéndose este incremento a la mayor producción de espigas por planta. Por otro lado Kaydan *et al.*, (2007) en un estudio que realizó para determinar los efectos de remojo semillas en ácido salicílico ( $10^{-2}$  mol / L,  $10^{-4}$  mol / L,  $10^{-6}$  mol / L y control) sobre el crecimiento y algunos caracteres fisiológicos en *Triticum aestivum* L. bajo la salinidad ( $8 \text{ ds m}^{-1}$ ) y condiciones no salinidad. Remojo de semillas en SA aumentó el porcentaje de emergencia, potencial osmótico y peso seco de raíz, la

relación K + / Na +, pigmentos fotosintéticos (clorofila a, b y carotenoides) contenidos en la salinidad subrayó plántulas de trigo.

Así mismo al evaluar el efecto del ácido salicílico sobre componentes del rendimiento y peso seco de la planta en las variedades Altar C84, Oasis F86 y Opata M85 de trigo, se llevó a cabo en condiciones a campo abierto en donde se utilizaron dosis diferentes de ácido salicílico en concentraciones molares de  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-8}$  y un testigo. La aplicación se realizó al inicio de fecundación y cinco días después, se evaluaron los componentes del rendimiento y el rendimiento mismo. Para la variedad Altar C84 la dosis de  $10^{-5}$  M arrojó los mejores resultados con incrementos de  $900 \text{ kg ha}^{-1}$  en relación al testigo y en Oasis F86 y Opata M85 la dosis de  $10^{-4}$  M fue la mejor con aumentos de  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  de diferencia (López *et al.*, 1998).

#### Ácido salicílico en cultivos de flor

El efecto de aplicaciones en bajas concentraciones de ácido salicílico (AS) en el número de flores y la fecha del inicio de floración en *Petunia híbrida* en donde se asperjaron concentraciones de  $1 \mu\text{M}$  a  $1 \text{pM}$  de AS en tres ocasiones, a plántulas cultivadas en condiciones de invernadero. Se demostró incremento de flores abiertas por planta, con concentraciones tan bajas como de  $1 \text{pM}$  o  $0.1 \text{nM}$  indujeron respuestas positivas en 33 % y 37 %, en comparación con el testigo. La concentración más alta, de  $1 \mu\text{M}$ , aumentó no sólo el número de flores en 72 %, sino también indujo la floración seis días antes (Martin-Mex *et al.*, 2010).

Por su parte Villanueva-Couoh *et al.*, (2009) experimento diferentes concentraciones de AS en flores de crisantemo, y reportó que el diámetro del tallo fue mayor en las

plantas asperjadas con ácido salicílico que en las plantas de testigo siendo el tratamiento  $1 \times 10^{-8}$  M en el que se obtuvieron valores altos (8.9mm). Además el AS en concentraciones  $10^{-6}$ ,  $10^{-8}$  y  $10^{-10}$  M incrementaron de manera significativa el peso de materia fresca y seca de follaje y raíz, volumen de raíz, área foliar, el efecto de AS indujo anticipadamente la floración con  $10^{-8}$  y  $10^{-10}$  M de AS la cual se alcanzó a los 113 días posteriores al trasplante (DPT) y también se obtuvo el mayor valor en diámetro de la flor (13.6 y 12.6 cm) respectivamente.

#### Ácido salicílico en hortalizas

Ramírez *et al.*, (2006) al aplicar ácido salicílico a una concentración de  $10^{-6}$  M en coliflor (*Brassica oleracea* var. Botrytis), brócoli (*Brassica oleracea*), repollo (*Brassica oleracea* var. Viridis) y acelga (*Beta vulgaris*), demostró que el repollo alcanzo un crecimiento mayor en la longitud de la raíz de 4.46 cm en comparación al testigo, mientras que en coliflor solo aumento la altura de la planta con 1.98 cm. más que el testigo, en brócoli aumento la altura de la planta con 3.1 cm sobre el testigo y su longitud de la raíz con una diferencia de 4.37 cm sobre el testigo, por otra parte la acelga aumento su peso de materia fresca total a 852 g mientras que el testigo solo alcanzo 832 g, al igual que su peso fresco aéreo aumento 15 g más que el testigo.

Por su parte Eugenio (2003) evaluó la cantidad de biomasa en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), aplicándolo de forma foliar el ácido salicílico en concentraciones de  $10^{-4}$  y  $10^{-3}$  M (Molar), bajo condiciones de invernadero y obteniendo resultados que la concentración de  $10^{-4}$  M incrementa de manera significativa la cantidad de biomasa, con respecto del testigo en un 13%. Ramírez (2012), aplico ácido salicílico en plantas de pepino donde concluyo que en algunas etapas de crecimiento, al

augmentar la distribución de biomasa nueva producida, en hojas, tallos, flores, y frutos. En los índices de crecimiento, el uso de AS modificó el crecimiento de la planta.

Anchondo *et al.*,(2011) al evaluar el efecto del ácido salicílico en la bioproduktividad de *Fragaria ananassa* variedad Aromosa de día corto, plántulas de 20 días de cultivadas en un invernadero fueron asperjadas una vez por semana en ocho ocasiones, con soluciones de ácido salicílico preparadas: 1, 0.01, 0.0001  $\mu\text{M}$  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 0.0001  $\mu\text{M}$  de AS incrementó 23% el número de frutos en comparación con el control.

Rasmussen *et al.*, (1991) con la investigación realizada los resultados obtenidos apoyan que la aplicación exógena del ácido salicílico induce la resistencia sistemática adquirida, pero en sus datos sugieren que el AS no es la señal sistemática primaria para inducir la resistencia sistemática adquirida en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.). Por otro lado en una investigación de dos conocidos agentes inductores de resistencia en las plantas, ácido acetil salicílico y *Bacillus subtilis*, fueron evaluados con la finalidad de conocer su efecto en la infección causada por el Cucumber mosaic virus (CMV) en *Cucurbita pepo* var. Zucchini grey. *Bacillus subtilis* aplicado al suelo, *B. subtilis* aplicado al follaje; *B. subtilis* aplicado al suelo y al follaje, ácido acetil salicílico aplicado al follaje y testigo (sin aplicación de ninguno de los productos antes indicados). Los resultados fueron que las plantas

inoculadas con *B. subtilis* al suelo y ácido acetil salicílico tuvieron significativamente mayor peso de biomasa fresca comparados con el tratamiento Testigo (Maldonado *et al.*, 2008).

Estrada *et al.*, (2012) evaluó el efecto del ácido salicílico y el ácido benzoico sobre algunos indicadores fisiológicos y el rendimiento de plantas de lechuga. Las semillas fueron sumergidas durante dos horas a una concentración de 0,01 mM en cada una de las sustancias bioactivas, Los resultados indicaron una estimulación significativa en los indicadores biomasa fresca y seca de la raíz y el tallo con la aplicación del ácido salicílico y de la biomasa fresca y seca de las hojas para ambas sustancias bioactivas respecto al control.

Benavides *et al.*, (2004) realizaron una investigación de semillas de chile remojadas con ácido salicílico (AS) y sulfosalicílico (ASS) en respuesta a las plantas al frío, después de germinar las semillas y de ser trasplantadas se expusieron a temperaturas bajas, siendo las plantas tratadas con AS  $10^{-4}$  M fueron los más efectivos al inducir la tolerancia al estrés de frío presentado mayor altura las plántulas, mayor peso fresco y seco de la parte aérea.

Ramírez *et al.*, (2009) reportaron que aplicaciones de AS en chile jalapeño incremento el rendimiento por planta mostrando incrementos estadísticos en las tres etapas referidas con aplicación de P-Ca (100, 150 y 200 mg.litro<sup>-1</sup>) en combinación con AB (ácido benzoico) y AS ( $1 \times 10^{-6}$  M). Así también aplicando AS en chile jalapeño cv. Chichimeca y sus resultados obtenidos indican que la aplicación de este ácido a las plantas de chile aumentaron la producción de biomasa foliar, raíz y frutos, principalmente en las dosis de 0.1 y 0.2 Mm. Por otro lado, los tratamientos de 0.1 y

0.2 Mm de AS en donde resulto un efecto positivo en la producción de frutos. De tal manera, la actividad fotosintética presentó un comportamiento a la acumulación de biomasa y producción de frutos por planta, sobresaliendo los resultados 0.1 y 0.2 Mm de ácido salicílico con la máxima actividad fotosintética, lo que el AS desempeñan un papel de biorregulador del crecimiento en chile jalapeño. (Sánchez-Chávez *et al.*, 2011). De la misma manera Guzmán *et al.*, (2012) menciona que la aplicación de ácido salicílico favoreció algunas característica de crecimiento en plántulas de chile habanero.

En plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) se les asperjaron concentraciones bajas de ácido salicílico (AS) para estimar su efecto en el crecimiento de la raíz y del tallo. Se asperjaron diferentes concentraciones de AS 1.0, 0.01 y 0.0001 mM y un testigo con agua. Los resultados señalan que el AS incrementa 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 1mM 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 (Larqué-Saavedra, *et al.*, 2010).

### Bioestimulantes

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). Así mismo 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 (Mazorra y Núñez, 2003). Por otra parte 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.

#### Efecto de los bioestimulantes en diferentes cultivos

En un cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) al aplicar bioproductos foliares que ejercen funciones biorreguladoras y estimuladoras del crecimiento vegetal: Biobras-16 y Enerplant, a razón de 2 mL ha<sup>-1</sup> y humus de lombriz en dosis de 10 kg ha<sup>-1</sup>, en disolución acuosa, bajo condiciones de casas de cultivo protegido se evaluó el efecto de tales bioestimulantes sobre algunos indicadores del crecimiento y productividad de la planta. Donde los análisis de los resultados evidenciaron que el mejor tratamiento fue el del Biobras –16. (Rodríguez y Castillo, 2012).

En una investigación al trabajar en una especie de *Murraya paniculata* en donde al evaluar el efecto a diferentes concentraciones de Liplant, Fitomas E, ácido indolacético (AIA) y ácido indolbutírico (AIB) sobre la germinación y el crecimiento de *M. paniculata*. Las semillas fueron embebidas en soluciones de estos productos durante seis horas, luego secadas por 24 horas y posteriormente sembradas en cepellones. Las mayores estimulaciones en la germinación de las semillas de *M. paniculata* se lograron con el Fitomas E al 0.5 mL.L<sup>-1</sup> y ácido indolbutírico a 1 mg.L<sup>-1</sup>; la mayor emisión de hojas la proporcionaron el ácido indolacético (0.002 mg.L<sup>-1</sup>),

ácido indolbutírico (1 mg.L-1) y Fitomas E (0.5 mL.L-1). Las mejores opciones para lograr tanto la germinación de semillas como la estimulación del crecimiento de las plantas de *M. paniculata* fueron el Fitomas E y ácido indolbutírico. (Baños *et al.*, 2009). En un cultivo de tabaco con la aplicación de bioestimulantes 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). Por otra investigación Zuaznabar-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 alcanzó 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 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).

Villar *et al.*, (2005) al trabajar con plantas de tomate (*Lycopersicon esculentus*) variedad Amalia y pepino (*Cucumis sativus*) variedad SS-5. Al asperjar un bioestimulante FitoMas mencionan que ejerce una gran influencia en el desarrollo de

las plantas de cultivo, en el efecto antiestrés de este producto se manifiesta en una mejora fisiológica global del estado de la planta. Los resultados sobre la floración y el rendimiento se reportan incrementos de 118 % en el número de flores en tomate con 0.7 l/ha de FitoMas E y en el pepino de 147 % y 156 %, respectivamente, los incrementos de rendimientos fueron de 333 % en tomate y de 145 % en pepino.

En un cultivo de 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 gramos contra el testigo que peso 96.80 gramos (González, 2009). Así mismo en un 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 (Ruíz *et al.*, 2009).

#### Análisis de crecimiento en tomate

El análisis de crecimiento de las plantas es un enfoque cuantitativo para ser útil en la descripción y la interpretación de los resultados de los sistemas de toda la planta cultivada en condiciones naturales o controladas (Hunt, 1990). Así mismo Herrera *et al.*, (2006) menciona 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 posibiliten cuantificar el

crecimiento total por órgano, la deficiencia del área foliar y la distribución de asimilados entre los distintos órganos de la planta. En otra investigación análisis de crecimiento de plantas puede basarse directamente en la evolución cronológica de medidas, como peso seco, longitud de tallos, número de hojas y de ramas, etc. (Manrique, 1990).

#### Coeficientes de partición de biomasa

Es la producción de biomasa asignada a hojas, tallos, raíz, flor y fruto. Se expresa en gramos, al dividir la cantidad de biomasa de cada órgano entre la cantidad de biomasa total.

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,  $CPB \text{ Tallo} = P_{\text{Stallo}} / P_{\text{Stotal}}$  expresado en g.

Coeficiente de partición de biomasa de hoja: permite cuantificar la biomasa que fue enviada para la formación de este órgano a partir de la biomasa total producida durante la fotosíntesis,  $CPB \text{ Hoja} = P_{\text{Shoja}} / P_{\text{Stotal}}$  expresado en g.

Coeficiente de partición de la raíz: permite cuantificar la biomasa que fue enviada para la formación de este órgano a partir de la biomasa total producida durante la fotosíntesis,  $CPB \text{ Raíz} = P_{\text{Sraiz}} / P_{\text{Stotal}}$  expresado en g.

Coeficiente de partición de la flor: permite cuantificar la biomasa que fue enviada para la formación de este órgano a partir de la biomasa total producida durante la fotosíntesis,  $CPB \text{ Flor} = P_{\text{Sflor}} / P_{\text{Stotal}}$  expresado en g.

Coeficiente de partición del fruto: permite cuantificar la biomasa que fue enviada para la formación de este órgano a partir de la biomasa total producida durante la fotosíntesis,  $CPB \text{ Fruto} = PS_{\text{fruto}} / PS_{\text{total}}$  expresado en g.

Índices de crecimiento

Tasa de crecimiento relativo (TCR)

En investigación en plantas de rábano bajo condiciones de invernadero, durante sus primeros estadios, el crecimiento suele tener una dinámica exponencial y suele reflejar diferencias significativas entre especies o manejo agronómico diferente. En donde la primera lectura se observa en todos los tratamientos una gran eficiencia en la conversión de peso seco por unidad de peso, debido posiblemente a la mayor relación que se presenta entre el Área Foliar y el peso de las hojas en las primeras fases del crecimiento y a que los tejidos jóvenes poseen mayor actividad biológica y capacidad de síntesis. (Criollo y García, 2009).

Por otro lado Apáez-Barríos *et al.*, (2011) encontraron que en el clima cálido el frijol chino con espaldera convencional los valores más altos de TCR se presentaron de la emergencia hasta los 29 días después de la siembra, y tendieron a disminuir a la madurez fisiológica. En otra investigación por Miranda y Gil (2007) al evaluar los índices de crecimiento en plantas de papaya con dos tipos de sustratos bajo invernadero se encontró que se observó que la turba fue el sustrato más adecuado, pues en él, las plantas presentaron los valores más altos de TCR al final del ciclo de evaluación.

Tasa de asimilación neta (TAN)

Hernández *et al.*, (2012) mencionan que la mayor cantidad de  $\text{g.cm}^2.\text{día}^{-1}$  en un cultivo de frijol va disminuyendo conforme va pasando el tiempo, donde la mayor TAN se encontró al inicio del desarrollo y la menor al final del cultivo. Por otro lado otros investigadores como Garduño-González *et al.*, (2009) no encontraron diferencias significativas en esta variable en el cultivo de frijol ejotero y en un cultivo asociado con girasol.

En otra investigación realizada en el cultivo de girasol, al evaluar el área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol se demostró que la tasa de asimilación neta media (TAN) mostró cambios debido al incremento en la densidad de población. La TAN más alta se registró entre 12 y 36 días (Aguilar-García *et al.*, 2005). Por otra parte Díaz-López *et al.*, (2013) mencionan al evaluar la tasa de asimilación neta encontraron que en maíz (*Zea mays L.*) los valores mayores correspondieron con los 34 dds.

#### Relación de área foliar (RAF)

Investigadores como Orozco-Vidal *et al.*, (2011) demostraron que al evaluar el análisis de crecimiento en tres variedades de algodón se demostró que los valores más altos de RAF se registraron en las primeras fases de crecimiento de las plantas, y gradualmente disminuyeron conforme avanzó la edad del cultivo, encontrándose los valores más altos a los 69 dds. Por otra parte Boutraa (2009) menciona que no encontró diferencias de RAF al evaluar dos genotipos de frijol cultivados con baja disponibilidad de fosforo.

#### Relación de peso foliar (RPF)

En el algodón, los valores RPF disminuyen conforme avanza la edad del cultivo ya que en las primeras etapas de crecimiento las plantas intervienen la mayor parte de fotoasimilados en el establecimiento de su aparato foliar cantidad que va disminuyendo gradualmente a medida que la planta acumula una mayor cantidad de carbohidratos en otros órganos de la planta (Gaytán *et al.*, 2001). Por otra parte Maldonado y Corchuelo (1993) encontraron que en dos variedades de frijol Tundama y Cerinza las evaluaciones iniciales de RPF presentaron un comportamiento decreciente, con valores similares para las dos variedades. Así mismo en un cultivo de frijol Betancourt *et al.*, (2008) mencionan que no encontraron diferencias en la combinación de cuatro especies de frijol (testigo).

#### Área foliar específica (AFE)

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

## Componentes del rendimiento

Para poder analizar el rendimiento de una planta es necesario el estudio de sus componentes del rendimiento. Para el caso del tomate, los componentes del rendimiento son el número de frutos por planta y el peso del fruto. El número de frutos por planta está determinado por el número de flores que son fecundadas y alcanzan a desarrollarse en fruto. Así, dichos componentes del rendimiento que involucra procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento vegetativo y reproductivo, está fuertemente influenciado por la relación fuente demanda en diferentes fases del ciclo de vida de la planta (Santiago *et al.*, 1998). Así mismo Peil y Gálvez (2005) mencionan que el rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a la cosecha. Las hortalizas de fruto, cultivadas en invernadero, se caracterizan, en su mayoría, por un crecimiento indeterminado, siendo los frutos los principales órganos sumideros y compitiendo entre ellos y con los órganos vegetativos por los asimilados disponibles. En otra investigación por Terry *et al.*, (2001) mencionan que los componentes del rendimiento para el cultivo de tomate están determinados por el número de racimos, flores y frutos por planta, así como el peso fresco del fruto.

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó en el periodo de otoño-invierno del 2014 en el invernadero de alta tecnología perteneciendo al Departamento de Forestal, que se encuentra ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. El invernadero tiene una orientación Norte-Sur, cuenta con un sistema de enfriamiento de pared húmeda está ubicada hacia el norte y el acceso de entrada se encuentra al sur, la temperatura es controlada en los 22<sup>0</sup> C en el día y 18<sup>0</sup> C por la noche. Está cubierto por laminas policarbonadas de doble capa; cuenta con cortinas reflectoras, cuatro extractores por nave y 2 calentadores por nave.

La siembra se realizó el día 05 de agosto del 2014, en una charola de poliestireno con una capacidad de 200 cavidades, utilizando vermiculita como sustrato, la semilla que se utilizó fué de tomate (*Solanum lycopersicum Mill.*) cv.Brandywine.

Posteriormente se realizó el trasplante una vez que las plántulas alcanzaron de tres a cuatro hojas verdaderas se hizo de forma directa, se utilizaron macetas de polietileno color negro con capacidad de 12 L. Primeramente se mezcló peat moss con perlita en una relación de 1:1, se regó la mezcla hasta quedar homogénea. Posteriormente se removió la mezcla con una pala para que la mezcla estuviera de manera uniforme y se hizo el llenado de las macetas. El experimento se estableció en una superficie de 15m<sup>2</sup>. Se desalojó y se limpió el área donde se realizó la investigación. Los riegos se realizaron con un sistema de riego por goteo con programación automática, para lo cual se utilizó con el fin de que las plántulas

siempre tuvieran la humedad adecuada para su óptimo desarrollo. También se realizó la eliminación de malezas manualmente para la competencia por el agua y nutrientes.

La aplicación de los tratamientos se llevó a cabo solo una vez, durante la mañana, la cual se realizó el 16 de septiembre del 2014. Se utilizó un atomizador con capacidad de 500 ml para cada uno de los tratamientos, se asperjó el haz y envés de la hoja. Se aplicaron siete tratamientos con tres repeticiones y seis muestreos resultando un total de 126 unidades, la unidad experimental fue una planta por cada tratamiento. Los seis muestreos se realizaron con una diferencia de 15 días entre estos, donde el primero de ellos se realizó 15 días después de la aplicación de los tratamientos y consistió en disectar la planta separando frutos, flores, hojas, tallo y raíz, esto para obtener las variables agronómicas. Se realizó un control fitosanitario de las plagas que atacaron al cultivo tomate (*Solanum lycopersicum Mill.*) cv. brandywine por lo que la plaga que más se presentó en el cultivo fue la mosquita blanca, el insecticida que se utilizó para su control fue Dimetoato 1ml/L, la aplicación del insecticida solo se realizó cada vez que se observaba la presencia de mosquita blanca y como bactericida y fungicida se aplicó Agrimi Cu®.

El tutorado se realizó 15 días después del trasplante, esta actividad se llevó a cabo realizando utilizando hilo de polipropileno y alambre, esta práctica es muy importante en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum Mill.*) cv. brandywine, ya que esto ayuda a que la planta se mantenga firme, y soporte el peso de los frutos. Las podas se realizaron cada vez que se presentaron brotes nuevos en las axilas de la planta lo que ayuda a que el tallo tenga un crecimiento más vigoroso.

El diseño experimental que se utilizó fue un completamente al azar realizando un sorteo para el etiquetado de las macetas tomando en cuenta siete tratamientos con tres repeticiones y seis muestreos donde los tratamientos fueron T1= Testigo; T2= SAGIB-08; T3= SAGIB-10; T4= SAGIB-0812; T5=SAGIB-0825; T6= SAGIB-1012; T7= SAGIB-1025. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias (Tukey  $P \leq 0.05$ ) mediante el programa estadístico de la UANL (Universidad Autónoma de Nuevo León).

Las variables agronómicas que se evaluaron en este trabajo de investigación fueron: peso seco de raíz, peso seco del tallo, peso seco de la hoja, peso seco del fruto, área foliar, peso seco de la flor, peso total. Para determinar estas variables se procedió a sacar la planta de la maceta, se tomó la planta completa y se separaron en hojas, tallos, raíz, flor y fruto, para obtener la raíz se necesitó una malla tipo mosquitero con luz de 2 mm aproximadamente. Primero se sacó el suelo de la maceta y se colocó en la malla, después se metió en una cubeta con agua hasta que quedó solo la raíz y se lavó bien para que no quedara ningún residuo de suelo, luego de la separación se colocaron en bolsas papel estraza, identificadas dependiendo de cada tratamiento, se trasladaron a una estufa marca marca FELISA, MODELO durante 48 horas a una temperatura de 75°C para deshidratarlas, después se sacaron y se pesaron en una balanza analítica marca OHAUS modelo ES-30R para obtener el dato de peso seco.

Antes de meter a secar la hoja se midió el área foliar con el medidor de área foliar modelo LI-COR modelo 3100. Con los datos de las variables agronómicas utilizadas en este experimento se calcularon los Coeficientes de Partición de Biomasa (CPB)

los cuales incluyeron: CPBH = peso seco de la hoja entre peso seco total; CPBta = peso seco del tallo entre peso seco total; CBPr = peso seco de raíz entre peso seco total; CPBfr = peso seco de la flor entre peso seco total, peso seco del fruto entre peso seco total y así se obtuvo la cantidad de biomasa que se destinó a cada órgano de la planta.

También se calcularon los Índices de Crecimiento de acuerdo a Hunt (1990) como son:

Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) Se define como el incremento de material Vegetal por unidad de material vegetal presente, por unidad de tiempo. Representa la eficiencia de la planta como productora de nuevo material. Las unidades en que se expresa son  $\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , matemáticamente se expresa como:

$$\text{TCR} = ((\text{Ln}(\text{PS}_2) - (\text{Ln}(\text{PS}_1) / (t_2 - t_1)))$$

Tasa de Asimilación Neta (TAN) Se define como el incremento de material vegetal por unidad del sistema asimilativo, por unidad de tiempo. Este índice representa una medida del balance que existe entre la actividad fotosintética y la actividad respiratoria de la planta. Las unidades en que se expresa son en  $\text{g.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ , matemáticamente es expresada como:

$$\text{TAN} = ((\text{PS}_2 - \text{PS}_1) / (t_2 - t_1)) \cdot ((\text{LnAF}_2 - \text{LnAF}_1) / (\text{AF}_2 - \text{AF}_1)).$$

Relación de Área Foliar (RAF) Se define como la proporción de material asimilativo por unidad de material vegetal presente en un instante de tiempo. Se expresa son en  $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$ , matemáticamente se define como:

$$\text{RAF} = ((\text{AF}_1 / \text{PS}_1) + (\text{AF}_2 / \text{PS}_2)) / 2.$$

Relación de Peso Foliar (RPF) Este índice está formado por dos componentes: la magnitud del peso seco de la hoja, y por la unidad de peso seco total de la planta. No tiene unidades ya que al calcular en gramos el peso seco de la hoja y dividirlo entre gramos del peso seco total de la planta el resultado queda adimensional. Aunque es una medida instantánea, a menudo se emplea la media entre el intervalo de  $t_1$  a  $t_2$ , matemáticamente se expresa como:

$$RPF = ((PSH_1 / PS_1) + (PSH_2 / PS_2)) / 2.$$

Área Foliar Específica (AFE) Es un índice que expresa la densidad o el grosor relativo de la hoja. Es una medida de la relación entre al área foliar y el peso seco de la hoja por lo que las unidades en que se expresa este índice son  $cm^2.g^{-1}$ , matemáticamente se define como:

$$AFE = ((AF_1 / PSH_1) + (AF_2 / PSH_2)) / 2.$$

Para determinar los componentes del rendimiento se consideraron las siguientes variables: número de frutos por plantas, números de racimos por planta, peso fresco de frutos/ $m^2$  y rendimiento total (ton/ha).

Para determinar las dichas variables en el muestreo se cuantifico el número de frutos por planta, para el caso de la variable número de racimos por planta se sumó los racimos por planta, en la variable de peso fresco de frutos por  $m^2$  se contó seis macetas por cada  $m^2$  multiplicando por el peso fresco del fruto y para el rendimiento total se sumó los pesos de los cortes del fruto para obtener el rendimiento en ton/ha.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Coeficientes de Partición de Biomasa

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para los coeficientes de partición de biomasa no mostraron diferencias significativas en ninguno de los muestreos, a excepción de la variable CPB de tallo para el primer muestreo y CPB de hoja para el tercer muestreo ya que se encontraron diferencias altamente significativa y significativa respectivamente (cuadro 1).

Para el primer muestreo se puede observar que el patrón de distribución de biomasa de las plantas testigo, se comportó destinando el 49 % de biomasa nueva producida para la formación de hoja, 32 % para la formación de tallo, 17 % para la formación de raíz y un 0.8% para la formación de flor apreciando que esta es la distribución normal de biomasa nueva producida para las plantas de tomate. Sin embargo se puede apreciar que para la variable CPB hoja las plantas tratadas con el producto SAGIB-10 superaron el envío de biomasa producida para la formación de este órgano con 2% más que las plantas testigo respectivamente. En la variable CPB de tallo, todas las plantas tratadas con SAGIB incrementaron la acumulación de biomasa en el tallo con respecto al testigo, a excepción de las plantas tratadas con SAGIB-10 quienes depositaron menos biomasa en esta estructura. En el mismo muestreo pero para la variable CPB de raíz, las plantas asperjadas con SAGIB-08, SAGIB-10 Y SAGIB-0825 enviaron ligeramente más biomasa que las plantas testigo mientras que los tratamientos SAGIB-0812, SAGIB-1012 y SAGIB-1025 acumularon menos biomasa en esta variable que las plantas testigo. En la variable CPB flor todas las plantas tratadas con el producto SAGIB Superaron al testigo en el envío

Cuadro 1. Análisis de varianza y comparación de medias de Coeficientes de Partición de Biomasa en un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Brandywine tratados con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

TRATAMIENTOS	VARIABLE	FECHA DE LOS MUESTREOS				
		30/09/2014	14/10/2014	03/11/2014	19/11/2014	03/12/2014
TESTIGO		0.49 A <sup>©</sup>	0.46 A	0.41 AB	0.37 A	0.30 A
SAGIB-08		0.46 A	0.43 A	0.39 AB	0.35 A	0.32 A
SAGIB-0812		0.49 A	0.41 A	0.41 AB	0.40 A	0.32 A
SAGIB-0825		0.46 A	0.43 A	0.43 AB	0.38 A	0.31 A
SAGIB-10	C.P.B.	0.51 A	0.44 A	0.44 A	0.35 A	0.29 A
SAGIB-1012	Hoja (g)	0.48 A	0.44 A	0.37 B	0.37 A	0.28 A
SAGIB-1025		0.49 A	0.43 A	0.44 AB	0.39 A	0.30 A
C.V. (%)		4.5	8.59	6.37	8.86	5.95
S. E.		NS	NS	*	NS	NS
TESTIGO		0.32 AB	0.34 A	0.44 A	0.36 A	0.35 A
SAGIB-08		0.35 A	0.34 A	0.40 A	0.37 A	0.34 A
SAGIB-0812		0.33 A	0.34 A	0.42 A	0.42 A	0.34 A
SAGIB-0825		0.33 A	0.34 A	0.42 A	0.40 A	0.39 A
SAGIB-10	C.P.B.	0.29 B	0.33 A	0.40 A	0.37 A	0.34 A
SAGIB-1012	Tallo (g)	0.35 A	0.34 A	0.45 A	0.43 A	0.32 A
SAGIB-1025		0.35 A	0.34 A	0.41 A	0.39 A	0.36 A
C.V. (%)		4.05	6.95	7.62	9.92	7.99
S. E.		**	NS	NS	NS	NS
TESTIGO		0.17 A	0.19 A	0.12 A	0.13 A	0.12 A
SAGIB-08		0.18 A	0.21 A	0.14 A	0.10 A	0.12 A
SAGIB-0812		0.17 A	0.24 A	0.14 A	0.13 A	0.11 A
SAGIB-0825		0.20 A	0.22 A	0.16 A	0.13 A	0.11 A
SAGIB-10	C.P.B.	0.18 A	0.21 A	0.13 A	0.11 A	0.12 A
SAGIB-1012	Raíz (g)	0.16 A	0.20 A	0.14 A	0.12 A	0.11 A
SAGIB-1025		0.16 A	0.22 A	0.13 A	0.13 A	0.11 A
C.V. (%)		13.00	14.94	16.11	23.42	17.3
S. E.		NS	NS	NS	NS	NS
TESTIGO		0.008 A	0.010 A	0.019 A	0.015 A	0.019 A
SAGIB-08		0.014 A	0.009 A	0.022 A	0.017 A	0.014 A
SAGIB-0812		0.013 A	0.007 A	0.018 A	0.022 A	0.015 A
SAGIB-0825		0.008 A	0.011 A	0.016 A	0.017 A	0.020 A
SAGIB-10	C.P.B.	0.018 A	0.016 A	0.019 A	0.015 A	0.020 A
SAGIB-1012	Flor (g)	0.007 A	0.015 A	0.027 A	0.018 A	0.014 A
SAGIB-1025		0.008 A	0.008 A	0.020 A	0.021 A	0.015 A
C.V. (%)		57.2	37.01	24.44	26.79	12.78
S. E.		NS	NS	NS	NS	NS
TESTIGO				0.010 A	0.12 A	0.21 A
SAGIB-08				0.045 A	0.16 A	0.21 A
SAGIB-0812				0.003 A	0.03 A	0.30 A
SAGIB-0825				0.005 A	0.07 A	0.18 A
SAGIB-10	C.P.B.			0.010 A	0.15 A	0.23 A
SAGIB-1012	Fruto (g)			0.010 A	0.06 A	0.27 A
SAGIB-1025				0.002 A	0.06 A	0.21 A
C.V. (%)				156.44	54.12	23.08
S. E.				NS	NS	NS

CV= Coeficiente de variación, \*=diferencia significativa, \*\*=diferencia altamente significativa, NS=diferencia no significativa, S.E= Significancia estadística, C.P.B.=coeficiente de partición de biomasa, <sup>©</sup>= Valores medios seguidos de la misma letra, estadísticamente son iguales.

de biomasa a formar flores , excepto el tratamiento SAGIB-1012 el cual indujo menos envió de biomasa a esta estructura comparado con el testigo.

En el segundo muestreo, se observa en general una disminución de biomasa acumulada en las hojas con respecto al muestreo anterior y fueron las plantas del tratamiento testigo las que depositaron más biomasa en las hojas que el resto de las plantas tratadas con el producto SAGIB en todas sus concentraciones. Respecto a la variable CPB de tallo, se observa que algunos tratamientos indujeron un incremento en él envió de biomasa a esta variable con respecto al muestreo anterior aunque en el segundo muestreo, no hubo ninguna diferencia en la acumulación de biomasa en esta variable entre las plantas de todos los tratamientos, en cambio en la variable CPB de raíz, las plantas de todos los tratamientos, aumentaron la acumulación de nueva biomasa con respecto al muestreo anterior. También se observa que las plantas de todos los tratamientos SAGIB enviaron más biomasa a la raíz con respecto a las plantas testigo, siendo el tratamiento SAGIB-0812 el que indujo la mayor acumulación de biomasa en esta variable. Con respecto a la variable CPB de flor, no se ve una tendencia muy clara entre el efecto provocado por el producto SAGIB en sus diferentes concentraciones ya que mientras algunos tratamientos como SAGIB-0825 y SAGIB-1012 depositaron más biomasa en la flor que en el muestreo anterior, otros tratamientos disminuyeron la acumulación de nueva biomasa con respecto al muestreo anterior. En este segundo muestreo, las plantas de los tratamientos SAGIB-10, SAGIB-0825 y SAGIB-1012 acumularon mayor cantidad de biomasa con respecto al testigo.

Para el tercer muestreo, nuevamente se observa una clara tendencia a la disminución en la acumulación de biomasa en las hojas de las plantas de todos los tratamientos lo cual resulta comprensible ya que en este muestreo empiezan a aparecer los frutos que demandan biomasa para su formación. Las plantas asperjadas con los tratamientos SAGIB-10, SAGIB-0825 y SAGIB-1025 enviaron más biomasa a las hojas que las plantas sin tratar mientras que las plantas del resto de los tratamientos acumularon menos biomasa en esta estructura. Con respecto al CPB de tallo, las plantas de todos los tratamientos incluyendo al testigo, incrementaron su biomasa de esta variable con respecto a los muestreos anteriores, esto debido a que son necesarios nuevos vasos de conducción de agua y nutrientes por el constante crecimiento de la planta. En esta variable, solamente las plantas tratadas con SAGIB-1012 lograron acumular mayor biomasa que las plantas testigo y las plantas de los demás tratamientos tuvieron menor cantidad de biomasa acumulada en los tallos. En la variable CPB de raíz, las plantas de los diferentes tratamientos incluido el testigo, disminuyeron el depósito de nueva biomasa en esta estructura con respecto al muestreo anterior, aún así, todas las plantas asperjadas con el producto SAGIB en todas sus concentraciones, acumularon más biomasa en el tallo comparadas con las plantas testigo. En la variable CPB de flor en este muestreo se incrementó la biomasa en las plantas de todos los tratamientos con respecto al muestreo anterior, incluyendo a las plantas testigo. En este muestreo, los tratamientos SAGIB-10, SAGIB-1012 y SAGIB-1025 superaron al testigo en la acumulación de biomasa en la flor, mientras que los otros tratamientos acumularon igual o menor biomasa en esta estructura. En este muestreo empiezan a aparecer los primeros frutos y son las plantas del tratamiento SAGIB-08 las que acumulan más

de cuatro veces (350%) la biomasa acumulada por las plantas testigo en los frutos, mientras que el resto de los tratamientos indujeron igual o menor acumulación de biomasa en esta estructura.

Para el cuarto muestreo, se observa en general una disminución de biomasa acumulada en las hojas con respecto a los muestreos anteriores, las plantas tratadas con SAGIB incrementaron la acumulación de biomasa en hoja con respecto al testigo, a excepción de las plantas tratadas con SAGIB-08 y SAGIB-10 quienes depositaron menos biomasa en esta estructura. En el mismo muestreo pero para la variable CPB tallo las plantas asperjadas con el producto SAGIB depositaron más biomasa en el tallo superando a las plantas testigo. En cambio en la variable CPB de raíz, las plantas de todos los tratamientos, disminuyeron la acumulación de biomasa con respecto al muestreo anterior. También se observa que las plantas asperjadas con SAGIB igualaron la biomasa con respecto a las plantas testigo, a excepción SAGIB-08, SAGIB-10 y SAGIB-1012 quienes depositaron menos biomasa a esta estructura. Con respecto para la variable CPB flor hay una tendencia de disminución con respecto al muestreo anterior, pero se puede observar que todas las plantas tratadas con el producto SAGIB superaron al testigo en el envío de biomasa a forma flores, excepto SAGIB-10 que igualo con las plantas testigo. En la variable CPB fruto se puede observar que las plantas asperjadas con el producto SAGIB-08 y SAGIB-10 enviaron más biomasa en el fruto con respecto al testigo.

Para el quinto muestreo, nuevamente se observa una tendencia a la disminución en comparación con los muestreos anteriores, pero se puede observar que las plantas asperjadas con SAGIB-08, SAGIB-0812 y SAGIB-0825 enviaron ligeramente más

biomasa que las plantas testigo mientras que los tratamientos SAGIB-10 y SAGIB-1012 acumularon menos biomasa en esta variable que las plantas testigo, a excepción SAGIB-1025 que igualaron con las plantas testigo. Respecto a la variable CPB tallo hay una disminución con el muestreo anterior, pero se puede apreciar que las plantas testigo depositaron más biomasa, a excepción de SAGIB-0825 y SAGIB-1025 que depositaron más biomasa nueva producida en comparación con las plantas testigo. Respecto a la variable CPB de raíz, se observa que los tratamientos disminuyeron con respecto al muestreo anterior, mientras que las plantas asperjadas con el producto SAGIB-08 y SAGIB-10 enviaron la misma cantidad de biomasa producida a la raíz con respecto al testigo. Con respecto a la variable CPB flor las plantas asperjadas con SAGIB-10 y SAGIB-0825 enviaron ligeramente más biomasa en la flor con respecto a las plantas testigo. En la variable CPB fruto se puede apreciar una clara tendencia de incremento de acumulación de biomasa en frutos en comparación con los dos anteriores muestreos, en donde las plantas tratadas con el producto SAGIB hubo un gran incremento en comparación con las plantas testigo, a excepción de SAGIB-08 y SAGIB-1025 que igualaron el envío de biomasa con las plantas testigo y SAGIB-0825 que presentó el menor envío de biomasa para este órgano. Los resultados anteriores son semejantes a los reportados por diferentes autores. Coronilla (2012) y Arroyo (2012) al trabajar con plantas de tomate bajo condiciones de invernadero, encontraron que durante todo el cultivo, la planta destina la mayor cantidad de biomasa nueva producida a la formación de hojas, sin embargo existe la misma tendencia encontrada en este trabajo, de ir disminuyendo la acumulación de biomasa en este órgano conforme avanza el cultivo. Tanto el CPB de tallo y el CPB de raíz tienen un comportamiento similar, con fluctuaciones de

incremento y disminución a través del tiempo. Por otro lado, Hernández *et al.*, (2009) encontraron que la producción de biomasa de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en las primeras etapas existió una escasa producción de biomasa y el orden por órgano se comportó de la siguiente manera: hojas>tallos>frutos. Así mismo Rezende *et al.*, (2007) mencionan que desde la aparición de los primeros frutos la planta altero su comportamiento, disminuyendo el envío de biomasa a diferentes órganos, este comportamiento se debe, a una alta demanda metabólica que ejercen los frutos en la planta durante su crecimiento y llenado.

## INDICES DE CRECIMIENTO

### Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la variable TCR en un cultivo de tomate asperjado con el producto SAGIB en diferentes concentraciones, no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos (Cuadro 2). En el primer muestreo se observa que todos los tratamientos del producto SAGIB indujeron en las plantas mayor velocidad de crecimiento que las plantas testigo, excepto las plantas tratadas con SAGIB-0812 y SAGIB-1025, las cuales presentaron una TCR menor a las plantas testigo. Las plantas del tratamiento SAGIB-1012 mostraron el valor mayor de  $\text{g.g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ . En el segundo muestreo, se presenta una tendencia a disminuir la TCR en las plantas de todos los tratamientos incluyendo al testigo y en este muestreo todas las plantas tratadas con el producto SAGIB muestran una mayor velocidad de acumulación de biomasa por cada gramo de materia ya existente por día, excepto las plantas del tratamiento SAGIB-1012, las cuales estuvieron por abajo del valor de esta variable

Cuadro 2. Análisis de varianza y comparación de medias de los índices de crecimiento en un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Brandywine tratados con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

TRATAMIENTOS	VARIABLE	FECHA DE LOS MUESTREOS			
		14/09/2014	03/11/2014	19/11/2014	03/12/2014
TESTIGO		0.116 A <sup>©</sup>	0.051 A	0.029 A	0.023 A
SAGIB-08		0.127 A	0.053 A	0.024 A	0.028 A
SAGIB-0812	TCR (g.g <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	0.107 A	0.052 A	0.032 A	0.030 A
SAGIB-0825		0.131 A	0.053 A	0.027 A	0.027 A
SAGIB-10		0.124 A	0.063 A	0.026 A	0.036 A
SAGIB-1012		0.137 A	0.037 A	0.038 A	0.028 A
SAGIB-1025		0.099 A	0.065 A	0.026 A	0.032 A
C.V. (%)		16.67	21.82	57.75	51.86
S. E.	NS	NS	NS	NS	
TESTIGO		8.75 A	4.53 A	2.89 A	2.46 A
SAGIB-08		10.27 A	4.53 A	2.45 A	3.48 A
SAGIB-0812	TAN (g.m <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	8.95 A	4.33 A	3.17 A	3.61 A
SAGIB-0825		10.07 A	5.01 A	2.64 A	3.24 A
SAGIB-10		10.17 A	5.39 A	2.40 A	4.53 A
SAGIB-1012		10.42 A	3.56 A	3.99 A	3.43 A
SAGIB-1025		7.56 A	5.90 A	2.48 A	3.61 A
C.V. (%)		20.03	25.99	60.08	50.34
S. E.	NS	NS	NS	NS	
TESTIGO		133.07 A	116.36 A	103.59 A	97.48 A
SAGIB-08		127.11 A	118.23 A	101.31 A	84.99 A
SAGIB-0812	RAF (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )	120.10 A	120.37 A	106.41 A	83.28 A
SAGIB-0825		136.27 A	113.05 A	99.52 A	87.75 A
SAGIB-10		121.35 A	119.01 A	107.38 A	84.90 A
SAGIB-1012		139.67 A	108.37 A	98.60 A	84.96 A
SAGIB-1025		128.08 A	115.83 A	104.69 A	90.64 A
C.V. (%)		8.03	8.83	11.65	9.95
S. E.	NS	NS	NS	NS	
TESTIGO		0.477 A	0.433 A	0.389 A	0.337 A
SAGIB-08		0.426 A	0.409 A	0.371 A	0.337 A
SAGIB-0812	RPF (g.g <sup>-1</sup> )	0.449 A	0.411 A	0.403 A	0.359 A
SAGIB-0825		0.447 A	0.419 A	0.393 A	0.345 A
SAGIB-10		0.476 A	0.444 A	0.399 A	0.323 A
SAGIB-1012		0.465 A	0.407 A	0.372 A	0.328 A
SAGIB-1025		0.459 A	0.433 A	0.415 A	0.346 A
C.V. (%)		5.17	4.95	5.53	5.7
S. E.	NS	NS	NS	NS	
TESTIGO		283.37 A	272.06 A	266.13 A	289.63 A
SAGIB-08		284.93 A	287.97 A	272.54 A	252.08 B
SAGIB-0812	AFE (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )	269.63 A	294.12 A	264.47 A	230.97 B
SAGIB-0825		303.58 A	267.95 A	252.04 A	254.88 B
SAGIB-10		256.57 A	268.85 A	271.33 A	259.55 B
SAGIB-1012		299.38 A	264.97 A	263.66 A	254.97 B
SAGIB-1025		280.43 A	267.97 A	253.40 A	257.91 B
C.V. (%)		8	9.23	8.75	7.8
S. E.	NS	NS	NS	*	

TCR=Tasa de Crecimiento Relativo TAN= Tasa de Asimilación Neta RAF=Relación de Área Foliar RPF=Relación de Peso Foliar AFE=Área Foliar Específica CV= Coeficiente de variación NS=diferencia no significativa S.E= Significancia estadística <sup>©</sup>= Valores medios seguidos de la misma letra, estadísticamente son iguales

comparadas con las plantas testigo. El tratamiento SAGIB-1025 indujo en las plantas el valor mayor de TCR en este muestreo.

Para el tercer muestreo, permanece la misma tendencia a disminuir los valores de esta variable en las plantas de todos los tratamientos, excepto el tratamiento SAGIB-1012 el cual ligeramente incrementó su valor con respecto al muestreo anterior. Precisamente este tratamiento fue el que provoco en las plantas la mayor TCR en este muestreo comparado con los demás tratamientos.

En el cuarto muestreo no se observa una tendencia clara ni a disminuir ni a incrementar los valores de esta variable ya que algunos tratamientos provocaron incrementos mientras que otros indujeron disminuciones en la TCR en esta fecha de muestreo. De esta manera, las plantas del tratamiento SAGIB-10, mostraron el valor en esta variable con respecto a las plantas testigo y las plantas de los demás tratamientos. Los datos obtenidos de tendencia hacia la disminución de la TCR coincide a lo reportado por Barraza *et al.*, (2004) que mencionan al trabajar en un cultivo de tomate la Tasa de Crecimiento Relativo inicialmente presento los valores más altos y que estos fueron disminuyendo durante el desarrollo del ciclo de vida del cultivo. Por otra parte Casierra y Constanza (2009) al trabajar con un cultivo de tomate encontraron que la tasa de crecimiento relativo presenta un descenso drástico desde los primeros 25 días después del trasplante, y que con el paso del tiempo continuo descendiendo hasta el momento de la cosecha.

En la figura 2 se muestra el comportamiento de la Tasa de Crecimiento Relativo de un cultivo de tomate tratado con el producto SAGIB a diferentes concentraciones. Se observa una tendencia muy clara a disminuir los valores de esta variable a medida

que transcurre el tiempo del cultivo, además de mostrar gráficamente la superioridad de algunos tratamientos de SAGIB en diferentes concentraciones en cada fecha de muestreo. Esta tendencia observada en la figura es debido a que al inicio la planta empieza a ganar biomasa vegetativa rápidamente para poder satisfacer la demanda de asimilados cuando se presentan las estructuras reproductoras y la formación de frutos. Estos resultados son similares a los encontrados por Arroyo (2012) al trabajar con plantas de tomate bajo condiciones de invernadero, en la variable Tasa de Crecimiento Relativo tiene una tendencia de disminución a través del tiempo.

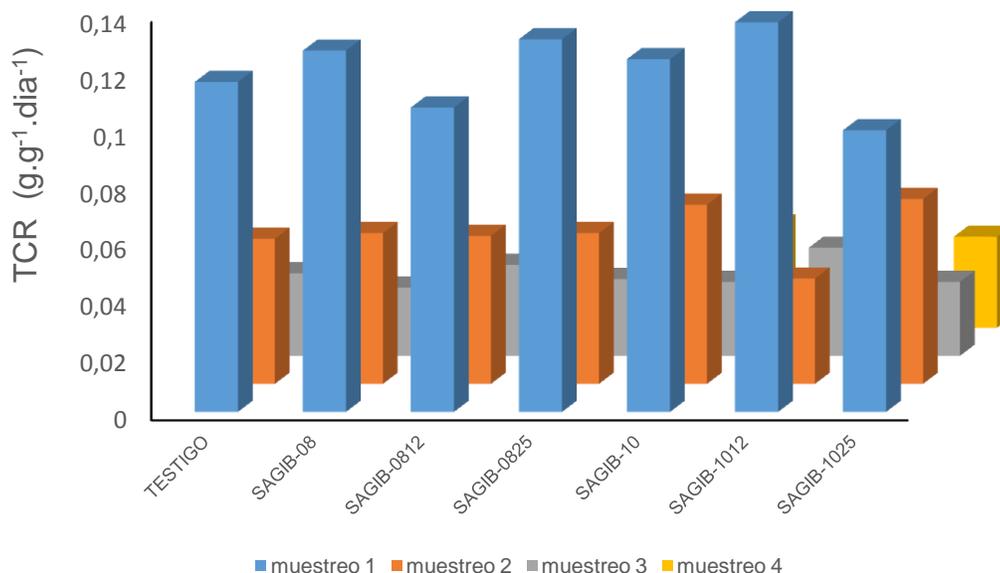


Figura 2. Comparación de la variable Tasa de Crecimiento Relativo de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

## Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la variable TAN en un cultivo de tomate asperjado con el producto SAGIB en diferentes concentraciones, no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos, sin embargo si mostraron diferencias numéricas.

En el primer muestreo se observa que todas las plantas asperjadas con el producto SAGIB indujeron mayor ganancia de materia seca por unidad de tejido asimilado por unidad de tiempo superando a las plantas testigo.

Para el segundo muestreo, se observa una disminución de la Tasa de Asimilación Neta en todos los tratamientos comparado con el muestreo anterior. Pero sin embargo las plantas asperjas con el producto SAGIB-10125, mostraron el mayor valor en esta variable con respecto a las plantas testigo.

Para el tercer muestreo se observa un decrecimiento de los valores de esta variable en las plantas de todos los tratamientos, excepto el tratamiento SAGIB-1012 el cual ligeramente incremento su valor con respecto al muestreo anterior. Precisamente este tratamiento fue el que provocó en las plantas la mayor TAN en este muestreo, comparado con los demás tratamientos.

Para el cuarto muestreo se puede observar que los valores aumentaron en comparación con el muestreo anterior, excepto las plantas testigo que fueron las plantas con el valor más bajo de la Tasa de Asimilación Neta. Pero se observa claramente que las plantas tratadas con el producto SAGIB supera a las plantas testigo, ya que todos los tratamientos con SAGIB presentaron el mayor valor de Tasa

de Asimilación Neta. Estos resultados son similares a los encontrados por Olayinka *et al.*, (2009) al trabajar con un cultivo de tomate reportaron que la declinación en la TAN podría ser debido a la reducción en la actividad fotosintética de las hojas a medida que están son senescentes y mueren.

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de la Tasa de Asimilación Neta de un cultivo de tomate tratado con el producto SAGIB a diferentes concentraciones. Se puede observar una tendencia a disminuir los valores para esta variable, a medida que transcurre el tiempo.

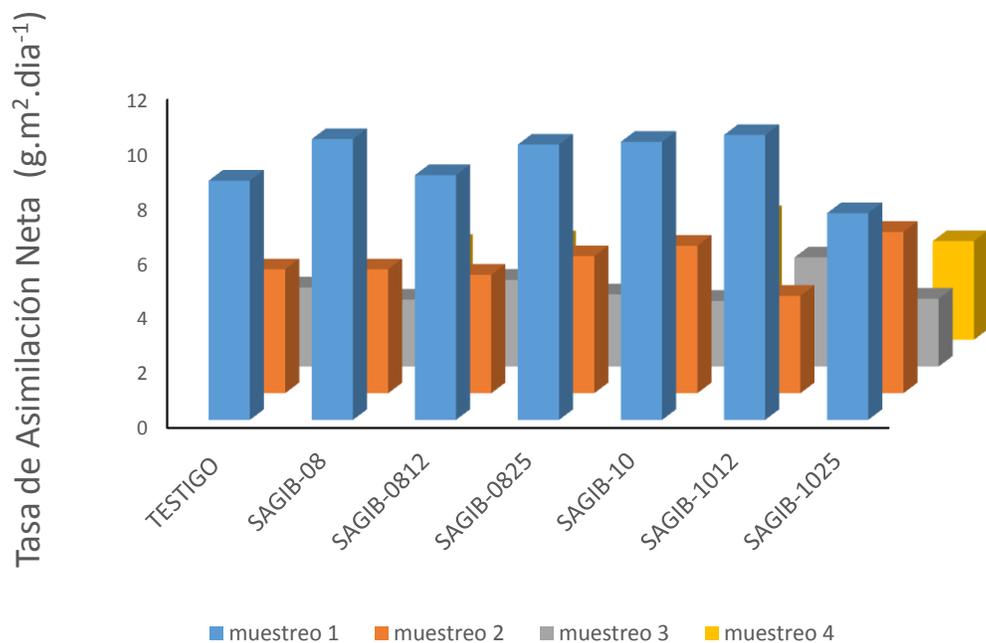


Figura 3. Comparación de la variable Tasa de Asimilación Neta de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

Además se puede observar que los valores más altos se encuentran al principio del cultivo, debido a que la planta empieza a ganar más biomasa y al ir transcurriendo el

tiempo del cultivo disminuye la cantidad de biomasa por  $\text{cm}^2$  por día. Estos resultados son similares a los reportados por Coronilla (2012) quien al trabajar en el mismo cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero, encontró los valores más altos al principio del cultivo y conforme pasa el tiempo tienden a disminuir.

#### Relación de Área Foliar (RAF)

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias se puede observar que no existen diferencias significativas para variable RAF, sin embargo si mostraron diferencias numéricas.

Para el primer muestreo se observa que las plantas asperjadas con la concentración SAGIB-1012 lograron una mayor Relación de Peso Foliar en comparación con las plantas testigo.

En el segundo muestreo, se presenta una tendencia a disminuir los valores de esta variable en las plantas de todos los tratamientos, excepto el tratamiento SAGIB-0812 el cual ligeramente incrementa su valor con respecto al muestreo anterior. Precisamente este tratamiento fue el que provocó en las plantas la mayor de RAF en este muestreo.

Para el tercer muestreo, permanece la misma tendencia a disminuir los valores de esta variable en las plantas de todos los tratamientos, pero se puede ver que las plantas del tratamiento SAGIB-10 y SAGIB-0812 presentaron mayor Relación de Área Foliar con respecto a las plantas testigo.

Para el cuarto 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 la Figura 4 se muestra el comportamiento de Relación de Área Foliar de un cultivo de tomate tratado con el producto SAGIB a diferentes concentraciones. En donde se puede apreciar que para la fase inicial del crecimiento del cultivo se presentaron los valores más altos, sin embargo conforme se desarrolla el cultivo de tomate la RAF tiende a disminuir respecto al último muestreo.

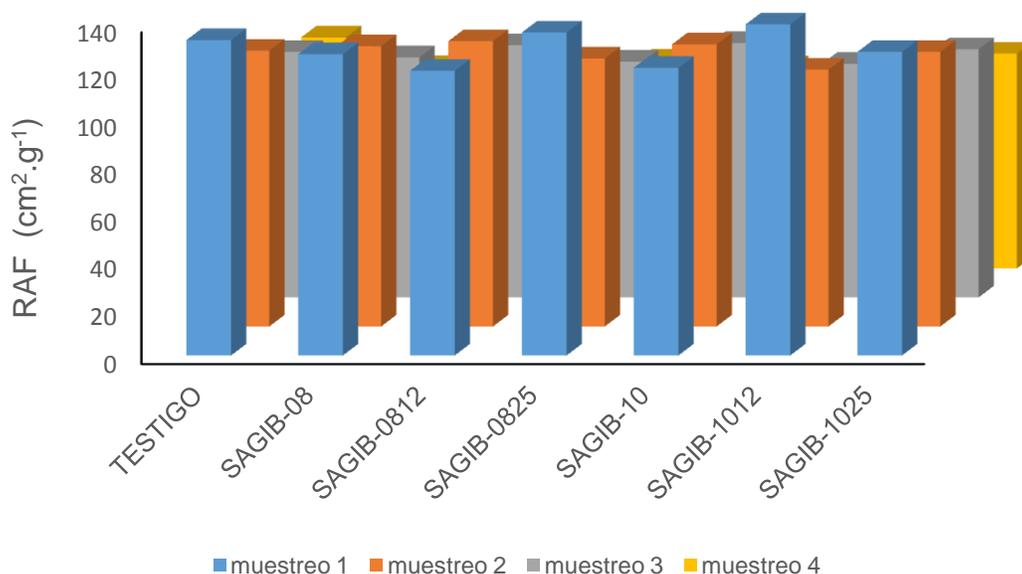


Figura 4. Comparación del Relación de Área Foliar de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

Esto se puede atribuir que la mayor área de la hoja por unidad de masa de la planta, se obtiene al principio del cultivo y tiende a disminuir debido al desarrollo de la

planta. Estos resultados son similares a los encontrados por Arroyo (2012) al trabajar con plantas de tomate bajo condiciones de invernadero, encontró que para la variable RAF los valores más altos se expresaron al inicio de la investigación y posteriormente fueron disminuyendo.

#### Relación de Peso Foliar (RPF)

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la variable RPF en un cultivo de tomate, no mostraron diferencias significativas para ningún muestreo, pero si mostraron diferencias numéricas.

En el primer muestreo las plantas testigo superaron a todas las plantas asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB, pero sin embargo las plantas con la concentración SAGIB-10 presentaron similar Relación de Peso Foliar con las plantas testigo.

Para el segundo muestreo se aprecia nuevamente que las plantas asperjadas con el producto SAGIB-10 para este muestreo fueron las que aumentaron la Relación de Peso Foliar superaron a las plantas testigo, mientras que las plantas asperjadas con la concentración SAGIB-1025 igualaron la RPF al de las plantas testigo.

En el tercer muestreo, se presenta una tendencia a disminuir la RPF en las plantas de todos los tratamientos, pero se puede apreciar que las plantas tratadas con la concentración de SAGIB-0812 indujo en las plantas el valor mayor de Relación de Peso Foliar.

Para el cuarto muestreo, permanece la misma tendencia a disminuir los valores de esta variable en todas las plantas de todos los tratamientos con respecto al muestreo

anterior, pero se puede ver que las plantas del tratamiento SAGIB-0812, mostraron el mayor valor de RPF con respecto a las plantas testigo y las plantas de los demás tratamientos. Los resultados anteriores son similares por Páez *et al.*, (2000) que al trabajar en un cultivo de tomate mencionan que aumenta la distribución de biomasa que forma la superficie asimilatoria. No obstante, este efecto solo se observó en las fases tempranas del crecimiento, es decir, antes de los 40 días de crecimiento vegetativo. En algunas especies, el efecto del sombreado sobre el aumento de la materia seca total distribuida hacia las hojas (RPF) es menor.

En la Figura 5 se muestra el comportamiento de RPF de un cultivo de tomate tratado con el producto SAGIB a diferentes concentraciones.

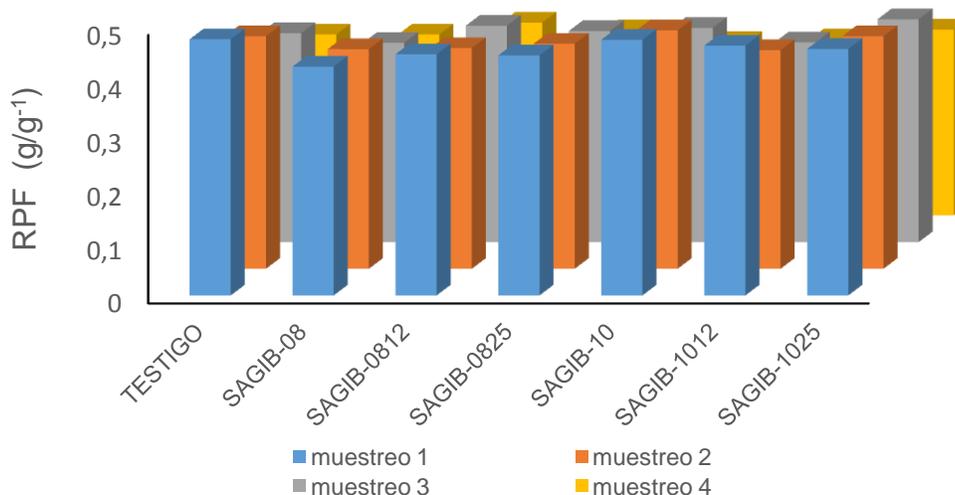


Figura 5. Comparación de la Relación de Peso Foliar de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

Se puede observar una tendencia muy clara al principio del cultivo mostro los valores más altos, pero a medida que transcurre el tiempo tiende a disminuir y se presentan

los valores más bajos al final del último muestreo, además de mostrar gráficamente la superioridad del producto SAGIB en algunos muestreos. Esto se puede atribuir que al principio del cultivo las plantas dedican la mayor parte de sus fotosintatos a la formación de nuevas y con el paso del tiempo tienden a disminuir gradualmente a medida que la planta envía más carbohidratos a otros órganos reproductivos de la planta. Estos resultados son similares por Coronilla (2012) al trabajar con plantas de tomate en condiciones de invernadero, en la variable RPF al aplicar AS mostro un incremento de RPF al principio del cultivo y fue decreciendo conforme pasaba el tiempo.

#### Área Foliar Específica (AFE)

Los resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la variable AFE en un cultivo de tomate asperjado con el producto SAGIB en diferentes concentraciones, en el muestreo cuarto se observa una diferencia estadística, aunque en el muestreo uno, dos y tres no hay diferencias significativa si se muestra que si hay diferencias numéricas entre los tratamientos.

En el primer muestreo se observa que las plantas asperjadas con SAGIB-0825 fueron las plantas que tuvieron la mayor Área Foliar Específica siendo las plantas con hojas más grandes, superando a las plantas testigo. Siendo las plantas asperjadas con SAGIB-10 las que presentaron menor AFE en el cual mostraron las hojas más gruesas.

Para el segundo muestreo, se puede observar que las plantas asperjadas con SAGIB-08 y SAGIB-0812 mostro el valor más alto de Área Foliar Específica

superando a las plantas testigo. Así mismo las plantas asperjadas con la concentración SAGIB-1012 fueron las que tuvieron las hojas más gruesas en comparación para los demás tratamientos. En el tercer muestreo, se presenta una tendencia a disminuir los valores de esta variable en todos los tratamientos incluyendo al testigo, excepto tratamiento SAGIB-10 el cual ligeramente incremento su valor con respecto al muestreo anterior. Precisamente este tratamiento y el de SAGIB-08 fueron los que provocaron en las plantas la mayor Relación de Área Foliar en este muestreo comparado con los demás tratamientos. Para el cuarto muestreo se observa los valores de esta variable no se comportan similar al anterior ya que algunos tratamientos provocaron incrementos como es el caso de las plantas testigo que supero a las demás plantas asperjadas con SAGIB, mientras que en algunas concentraciones de SAGIB disminuyeron en la AFE comparación con el muestreo anterior.

Los resultados del presente trabajo son similares a los reportados por Páez *et al.*, (2000) al trabajar en un cultivo de tomate observaron que bajo sombra el Área Foliar Especifica solamente se observó este efecto hasta los cuarenta y cinco días de crecimiento vegetativo, y pudo destacarse que las hojas son más delgadas al crecer en condiciones de menor irradiación. En regímenes lumínicos, el AFE disminuye después de los sesenta días de crecimiento de la planta de tomate. Por su parte Ascencio (1972) menciona que en condiciones normales y para la mayoría de los cultivos el espesor de las hojas aumenta con la edad de la planta.

En la Figura 6 se muestra el comportamiento de Área Foliar Especifica de un cultivo de tomate tratado con el producto SAGIB a diferentes concentraciones. Se puede

observar que los valores del AFE durante el desarrollo del cultivo, la mayoría de las plantas tratadas con el producto SAGIB mostraron las hojas más delgadas y conforme avanzó el tiempo del cultivo las hojas tendieron a engrosarse debido a una maduración natural de esta estructura. Estos resultados son similares por Arroyo (2012) al trabajar en un cultivo de tomate en condiciones de invernadero, en la variable AFE al aplicar concentraciones de ácido salicílico la mayoría de las plantas presentaron las hojas más delgadas a comparación que las plantas testigo.

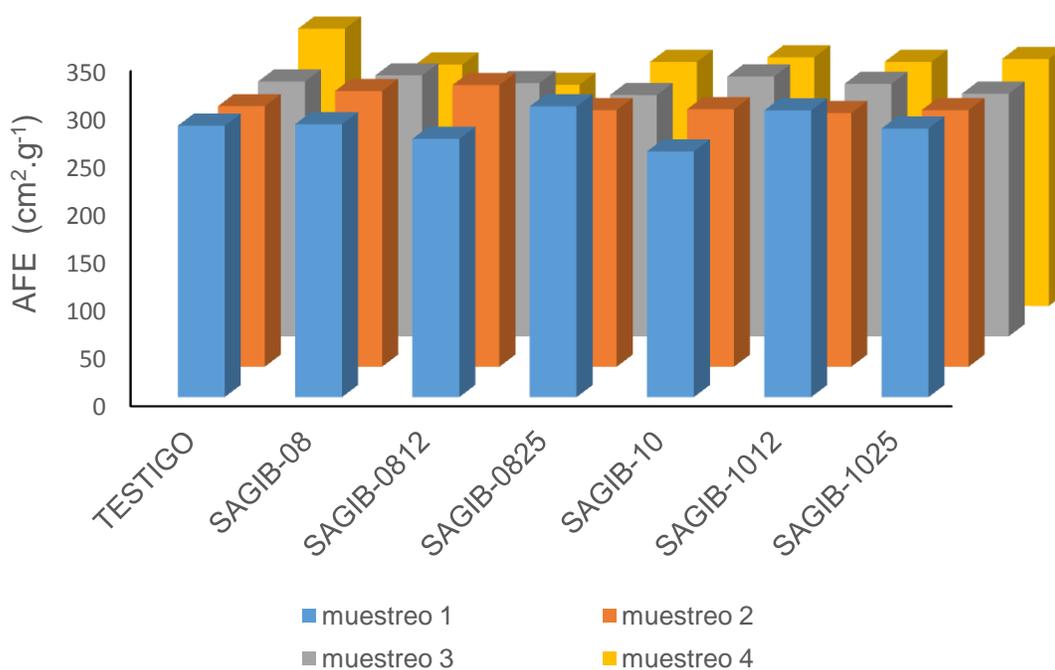


Figura 6. Comparación del Área Foliar Específica de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

## COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

Para estimar los componentes del rendimiento se tomaron en cuenta cuatro variables; Racimos por Planta, Frutos por Planta, Peso Fresco del Fruto por m<sup>2</sup> y rendimiento en toneladas por hectárea. El análisis de varianza y comparación de medias de estas variables mostraron diferencias altamente significativas para el número de frutos por planta, peso fresco del fruto por m<sup>2</sup> y rendimiento total, pero no para el número de racimos por planta, aunque si se observaron diferencias numéricas en esta últimas entre tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de Varianza y Comparación de Medias de los Componentes del Rendimiento en un Cultivo de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Brandywine Tratados con Diferentes Concentraciones del Producto SAGIB.

TRATAMIENTO	Variable			
	No. de Racimos/Planta	No. de Frutos/Planta	Peso Fresco del Fruto/m <sup>2</sup>	Rendimiento (Ton/Ha)
TESTIGO	9.00 A <sup>©</sup>	22.33 AB	21.33 AB	36.66 AB
SAGIB-08	10.66 A	20.33 AB	17.33 BC	29.32 BCD
SAGIB-0812	9.00 A	19.00 BC	17.00 BC	28.66 CD
SAGIB-0825	8.66 A	14.33 C	13.33 C	23.16 D
SAGIB-10	9.00 A	24.00 A	19.33 AB	32.94 ABC
SAGIB-1012	9.66 A	21.00 AB	23.00 A	39.12 A
SAGIB-1025	9.00 A	22.00 AB	19.00 AB	32.17 ABC
C.V. (%)	9.1	8.27	10.01	8.73
S. E.	NS	**	**	**

C.V.= Coeficiente de Variación. S.E.=Significancia Estadística. NS= Diferencia no Significativa. \*\*= Diferencia Altamente Significativa. © =Medias con la Misma Letra Dentro de la Columna son Iguales (Tukey p<0.01).

## Número de Racimos por planta

Para la variable racimos por planta se puede observar que las plantas tratadas con el producto SAGIB-08 presentaron mayor número de racimos por planta, seguidas por las plantas asperjadas con SAGIB-1012 superando a las plantas testigo, asimismo se puede apreciar que las plantas asperjadas con el producto SAGIB-0812; SAGIB-10 y SAGIB-1025 presentaron el mismo número de racimos por planta en comparación con las plantas testigo. Estos resultados son similares a los reportados por Estrada-Prado *et al.*, (2013) quienes con plantas de tomate variedad *Amalia*, tratadas con AS, evaluó las variables número de racimos/planta, número de flores/planta, número de frutos/planta, peso fresco y el diámetro ecuatorial de los frutos, y logró un incremento de los mismos. Así mismo Rodríguez *et al.*, (2008) al trabajar en un cultivo de tomate con la aplicación de ácido salicílico, las plantas produjeron mayor número de racimos por planta y las flores por planta también fueron superiores en comparación con el testigo. En la figura 7 se muestra el número de racimos por planta de un cultivo de tomate tratado con el producto SAGIB a diferentes concentraciones.

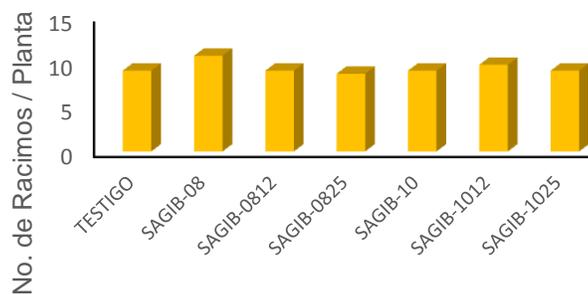


Figura 7. Comportamiento de la variable número de racimos por planta de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

Se puede observar que todas las plantas asperjadas con el producto SAGIB tuvieron más racimos por planta. Esto se puede atribuir que a mayor concentración de Ácido Salicílico sin AG del producto SAGIB indujo mayor número de racimos por planta. Estos resultados son similares a los encontrados por Zeferino (2005) al trabajar con un cultivo de tomate al aplicar AS demostró que fue superior en número de racimos por planta frente al testigo.

#### Número de frutos por planta

Para la variable número de frutos por planta para un cultivo de tomate, se puede apreciar que todas las aplicaciones de SAGIB indujeron menos frutos por planta, excepto las plantas asperjadas con SAGIB-10 que indujeron mayor producción de frutos por planta superando a todos los tratamientos incluyendo a las plantas testigo. Estos resultados son similares a los representados por Kazemi (2014) y Estrada-Prado *et al.*, (2013) quienes al trabajar con plantas de tomate bajo la aplicación exógena de Ácido Salicílico, este provoca de manera significativa el número de frutos por planta con respecto las plantas testigo. Así mismo Zeferino (2005) al trabajar con el mismo cultivo, menciona que las plantas tratadas con AS indujeron mayor número de frutos por plantas en comparación con las plantas testigo.

En la figura 8 se muestra el número de frutos por planta de un cultivo de tomate tratado con el producto SAGIB a diferentes concentraciones. Se puede observar que el producto SAGIB en una concentración menor de AS sin AG indujo más número de frutos por planta. Estos resultados son similares a los reportados por Zeferino (2005) al aplicar AS provoco que la planta incrementa el número de frutos por planta en un cultivo de tomate.

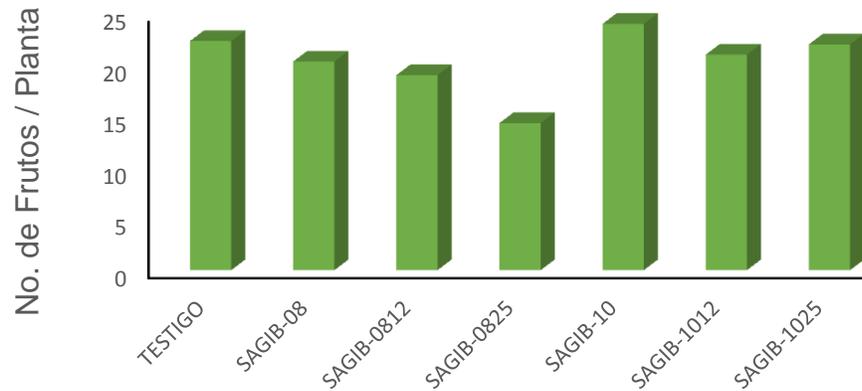


Figura 8. Comportamiento de la variable número de frutos por planta de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

Peso fresco del fruto por m<sup>2</sup>

Para la variable Peso fresco del fruto por m<sup>2</sup> se puede observar que las plantas testigo superaron a las plantas con SAGIB a excepción de las plantas asperjadas con el producto SAGIB-1012, el cual indujo el mejor peso fresco del fruto por m<sup>2</sup> superando a las plantas testigo.

En la figura 9 se muestra el peso fresco del fruto por metro cuadrado de un cultivo de tomate tratado con el producto SAGIB a diferentes concentraciones, se puede observar que en su concentración más baja del producto SAGIB provoca un incremento del peso fresco del fruto por m<sup>2</sup>.

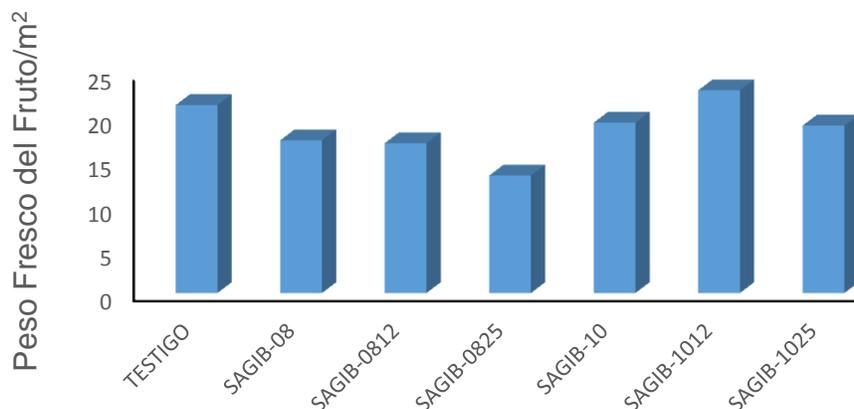


Figura 9. Comportamiento de la variable peso fresco del fruto por m<sup>2</sup> de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

#### Rendimiento (Ton/ha)

Al evaluar el rendimiento en toneladas por hectárea se puede observar que las plantas tratadas con el producto SAGIB-1012 provocó los mejores resultados con un 39.12 ton ha<sup>-1</sup> superado a las plantas testigo con más de 2.46 ton ha<sup>-1</sup>. Estos resultados coinciden a los encontrados por Kazemi (2014) y Estrada-Prado *et al.*, (2013) quienes al trabajar con plantas de tomate encontraron que al aplicar Ácido Salicílico se aumenta tanto el rendimiento, como la calidad del fruto y número de frutos. De igual manera Laiton *et al.*, (2012) al trabajar en plantas de tomate, observaron que el ácido giberélico genera una mayor producción de rendimiento total.

En la figura 10 se muestra el rendimiento (ton/ha) de un cultivo de tomate tratado con el producto SAGIB a diferentes concentraciones, se puede apreciar otra vez con respecto a la figura anterior que el producto SAGIB en su concentración más baja incrementa de manera significativa el rendimiento por hectárea.

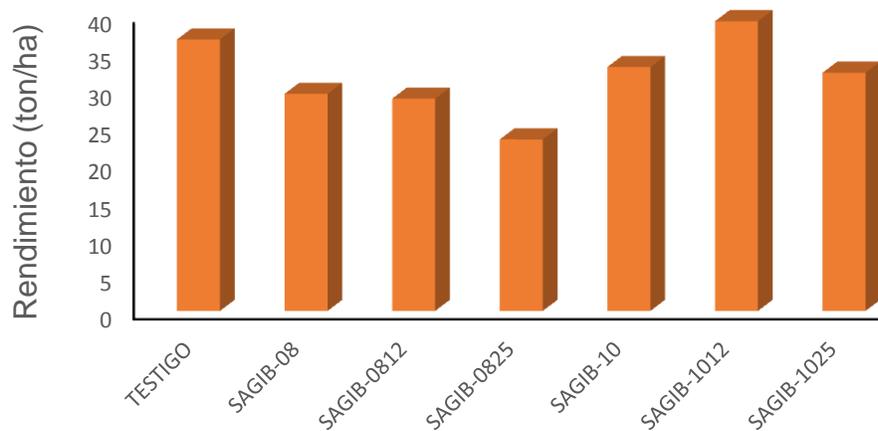


Figura 10. Comportamiento de la variable Rendimiento (Ton/ha) de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) var. Brandywine asperjadas con diferentes concentraciones del producto SAGIB.

Estos resultados son similares por Ramos *et al.*, (2010) quienes al trabajar en un cultivo de tomate dar. Gabriela concluyeron que en concentraciones más bajas de AG inciden en la productividad del cultivo, incrementando el rendimiento.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo permiten concluir que la aplicación del producto SAGIB en plantas de tomate a diferentes concentraciones en condiciones de invernadero, modificó el patrón de distribución de su biomasa entre los diferentes órganos de planta. Así mismo favoreció en el crecimiento y desarrollo al incrementar algunos índices de crecimiento.

El producto SAGIB también incrementó los componentes del rendimiento y de manera significativa el rendimiento en Ton/ha por lo cual este nuevo producto sería una buena opción para los productores aumentar el rendimiento de este cultivo e incrementar sus ganancias.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-García, L.; Escalante-Estrada, J. A.; Fucikovsky-Zak, L.; Tijerina-Chávez, L.; Mark-Engleman, E. 2005. Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra Latinoamericana* 23(3):303-310.
- Arroyo, R. V. Y. 2012. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento y desarrollo de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 69 pp.
- Anchondo, A. A.; Núñez, B. A.; Ruiz, A. T.; Martínez, T. J.; Vergara, Y. S. y Larqué, S. A. 2011. Efecto del ácido salicílico en la bioproduktividad de la fresa (*Fragaria ananassa*) cv Aromosa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(2): 293-298.
- Ashraf, M.; Akram, A., N.; Arteca, N., R.; Foolad, R., M. 2010. The Physiological, Biochemical and Molecular Roles of Brassinosteroids and Salicylic Acid in Plant Processes and Salt Tolerance. *Plant Sciences* 29(3): 162-190.
- Ascencio, J. 1972. Analisis del crecimiento y eficiencia fotosintética del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. "Turrialba-4" cultivado en solución nutritiva. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Centro Tropical de Enseñanza e Investigacion, Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales, Turrialba, Costa Rica. 110 pp.
- Apáez-Barrios., P.; Escalante-Estrada., J. A., S.; Rodríguez-González., M. 2011.

- Crecimiento y rendimiento del frijol chino en función del tipo espaldera y clima. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13(1):307-305.
- Barraza, F. V.; Fischer G.; Cardona C., E. 2004. Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia. *Agronomía Colombiana* 22(1): 81-90.
- Baños, H. L., Alemán, J., Martínez, M., Ravelo, J., Surís, M., Miranda, I., y Rodríguez, H. 2009. Efecto de bioestimulantes sobre la germinación y el crecimiento de *Murraya paniculata* L. *Cultivos Tropicales* 30(1):83-86.
- Benavides, M. A. Salazar, T.F. Ramírez-Godina, Robledo-Torres, H. Ramírez-Rodríguez, y M. Ratikanta. 2004. Tratamiento de semilla de chile con ácidos salicílico y sulfosalicílico y respuesta de las plántulas al frío. *Terra Latinoamericana* 22(1):41-47.
- Bekheta, M. A. y Talaat, I. M. 2009. Physiological Response of Mung Bean “*Vigna radiata*” Plants to Some Biorregulators. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 83(1):76-84.
- Betancourt, L. B.; Rodríguez L. M.; Gómez R., L.; Jiménez J., S. B. 2008. Crecimiento y respuestas fisiológicas de *Phaseolus spp.* en condiciones de salinidad. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(3): 213-223.
- Boutraa, T. 2009. Growth and carbon partitioning of two genotypes of bean (*Phaseolus vulgaris*) grown with low phosphorus availability. *Eurasian Journal of BioSciences*.3:17-24.
- Carranza, C., O. Lancho, D. Miranda y B. Chaves. 2009. Análisis del crecimiento

- de lechuga (*Lactuca sativa* L.) 'Batavia' cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana* 27(1):41-48.
- Coronilla, C. S. 2012. Análisis de crecimiento y desarrollo de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tratado con ácido salicílico. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro . Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 78 pp.
- Casierra, P. F. y C. M. Constanza. 2009. Análisis básico del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv. 'Quindío') cultivados a campo abierto. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín* 62:4815-4822.
- Chen, Z., Zheng, Z., Huang, J., Lai, Z. y Fan, B. 2009. Biosynthesis of salicylic acid in plants. *Plant Signaling y Behavior*. 4(6):493-496.
- Criollo, H. y García, J. 2009. Effect of planting density on the growth of radish (*Raphanus sativus* L.) plants under greenhouse conditions. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 3(2):210-222.
- Díaz-López, E. Loeza-Corte, J. M., Campos-Pastelin, J. M., Morales-Rosales, E. J., Dominguez-Lopez, A., Franco-Mora, O. 2013. Radiation Use Efficiency Net Assimilation Rate and Thermal Integral AS Function Phosphorus in Maize (*Zea mays* L.). *Agrociencia* 47:135-146.
- De la Vega, B. y Alizaga, R. 1987. Efecto del ácido giberélico y del preenfriamiento sobre la ruptura del reposo en semillas de salvia (*Salvia splendens*). *Agronomía Costarricense* 11: 89-95.
- Eugenio, M.F.J. 2003.- Evaluación de los Ácidos Salicílico y Benzóico en el Cultivo

- de Papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo Condiciones de Invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 40 pp.
- Enyedi, A. J., Yalpani S. P. and Raskin, I. 1992. Localization, conjugation, and function of salicylic acid in tobacco during the hypersensitive reaction to tobacco mosaic virus. *Plant Biology*, 89: 2480-2484.
- Estrada-Prado, W., Lescay-Batista, E., Rodríguez-Larramendi, L., Infante-López, S., García-Alcántara, A., y Postal, C. B. M. G. 2013. Título: Efecto de diferentes productos bioactivos sobre algunos indicadores agroproductivos en el cultivo del tomate, var. Amalia, en condiciones semicontroladas. *Revista Granma Ciencia*. 17(3)1-10.
- Fraile-Robayo, A. L., Álvarez-Herrera, J. G., y Deaquiz-Oyola, Y. A. 2013. Efecto de las giberelinas en la propagación de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo diferentes sustratos enriquecidos con fertilizante. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 6:41-54.
- Garduño-González., J.; Morales-Rosales., E. J.; Guadarrama-Valentín., S.; Escalante-Estrada., J. A. 2009. Biomasa y rendimiento de frijol con potencial ejotero en unicultivo y asociado con girasol. *Revista Chapingo* 15(1):33-39.
- Gaytán, M.A., Palomo, G.A., Godoy, A. S. G. 2001. Biomass production and distribution efficiency of early cotton varieties. *Revista Fitotecnia Mexicana* 24(2):197-202.
- Guevara, E. 1987. Reguladores de Crecimiento. II Curso de Cultivo de Tejidos.

- Memoria. Catie, Turrialba, Costa Rica. 124 pp.
- Gharib F. A. y Hegazi A. Z. 2010. Salicylic Acid Ameliorates Germination, Seedling Growth, Phytohormone and Enzymes Activity in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Cold Stress. *Journal of American Science* 6(10): 675-683.
- Girling, R., R. Madison, M. Hassall, G. Poppy, y J. Turner. 2008. Investigations Into Plant Biochemical Wound-Response Pathways Involved in the Production of Aphid-Induced Plant Volatiles. *Journal of Experimental Botany*. 59(11):3077-3085.
- Guzmán, A. A., Borges, G. L., Pinzón, L. L., Ruiz, S. E., y Zúñiga, A. J. 2012. Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero. *Agronomía Mesoamericana* 23(2):247-257.
- González, L.G. 2009. Evaluación del Biobras-16 en el cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum* var. Mill) híbrido (H-A3019) en condiciones de cultivos protegidos. Tesis de Licenciatura. Contramaestre, Santiago de Cuba. 56pp.
- Hayat, S., Ali, B. y Ahmad, A. 2007. Salicylic acid: biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. In: *Salicylic Acid a Plant hormone*. S. Hayat y A. Ahmad. Springer Netherlands. New York USA.1-14.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., y Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmental and Experimental Botany* 68(1):14-25.
- Hernández, L. J. C. 2012. Estudio del desarrollo radical del cultivo del trigo (*Triticum*

- aestivum* L.) var. TRIUNFO F2004 aplicando ácido salicílico vía foliar. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegios de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. 111 pp.
- Hernandez, M., M. Chailloux, V. Moreno, M. Mojeda y J.M. Salgado. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y su efecto en la acumulación de biomasa y extracción de nutrientes. *Cultivos Tropicales* 30(4):71-78.
- Hennig, J., Malamy, J., Gryniewicz, G., Indulski, J., and D. F. Klessig. 1993. Interconversion of the salicylic acid signal and its glucoside in tobacco. *Plant Journal* 4:593-600.
- Herrera, J., Alizaga, R., Guevara, E. Jiménez. V. 2006. Germinación y Crecimiento de la Planta. Fisiología de la Producción de los Cultivos Tropicales. Editorial Universidad de Costa Rica. San José Costa Rica. 78 pp.
- Hedner, T. y Everts, B. 1998. The early clinical history of salicylates in rheumatology and pain. *Journal Clinical Rheumatology* 17(1):17-25.
- Hernández, V., G.; Hernández., González., O.; Guridi., I., F.; Arbelo., F., N. 2012. Influencia de la siembra directa y las aplicaciones foliares de extracto líquido de vermicompost en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. cc-25-9. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 21(12):86-90.
- Horváth, E., Gabriella, S., Tibor, J. 2007. Induction of Abiotic Stress Tolerance by Salicylic Acid Signaling. *Journal of Plant Growth Regulation* 26 (3): 290-300.
- Hunt, R. 1990. Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners. Published

by Academic Division of Unwin Hyman Ltd. London. UK. 110p.

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

Jordán, M. y J. Casaretto. 2006. Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Etileno, Ácido Abscísico, Brasinoesteroides, Poliaminas, Ácido Salicílico y Ácido Jasmónico. En: *Fisiología Vegetal*. Capítulo 16. Squeo, F.A. y L. Cardemil eds. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile.16:1-28.

Kaydan, D., Yagmur, M. y Okut, N. 2007. Effects of Salicylic Acid on the Growth and Some Physiological Characters in Salt Stressed Wheat (*Triticum aestivum* L.) University of Yüzüncü Yıl, Fac. of Agric., Dept. of Field Crops, Van-Turkey 13(2):114-119.

Kazemi, M. 2014. Effect of foliar application with salicylic acid and methyl jasmonate on growth, flowering, yield and fruit quality of Tomato. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences* 3(2): 154-158.

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

Laiton P., M. Almanza y L. Balaguera. 2012. Producción y calidad poscosecha de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) larga vida sometido a la aplicación de ácido giberélico. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 6(2): 183-195.

- López, T. R., Rodríguez, V. C., y Coronado, M. A. G. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. *Terra* 16:43-48.
- Mazorra, L. M. y Núñez, M. 2003. Influencia de análogos de brasinoesteroides en la respuesta de plantas de tomate a diferente estrés ambientales. *Cultivos tropicales* 2:35-40.
- Maksimov, V. I. y Yarullina, G. L. 2007. Salicylic Acid and Local Resistance to Pathogens. In: *Salicylic Acid: A Plant Hormone*. S. Hayad y A. Ahmand Eds. Springer Netherlands. New York USA. 323- 334.
- 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*. 14(3):10.
- Martin, M. R., Nexticapan, G. Á., Herrera, T. R., Vergara Y, S., y Larqués, A. 2012. Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (*Carica papaya*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(8):1637-1643.
- Maldonado, G. y Corchuelo, G. 1993. Dinámica de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomía Colombiana* 10(2):114-121.
- Martín-Mex. R., Vergara, Y. S., Nexticapán, G. A. y Larqué, S. A. 2010. Bajas concentraciones de ácido salicílico incrementa el número de flores en *Petunia hibrida*. *Agrociencia*. 44(7):773-778.

- Maldonado, C. E., Ochoa. M. D. L., y Tlapal, B. B. 2008. Efecto del ácido acetil salicílico y *Bacillus subtilis* en la infección causada por cucumber mosaic virus en calabacita. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 14(1):55-59.
- Manrique, L. A. 1990. Plant morphology of cassava during summer and Winter. *Agron. J.* 82(5):881-886.
- Miranda, D. y Gil, A. I. 2007. Effect of five substrates on growth indices of papaya (*Carica papaya* L.) plants under glasshouse conditions. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.* 2(1):142-153.
- Mulligan, R.D. and Patrick, W.J.1979. Gibberellic acid promoted transport of assimilates in stems of *Phaseolus vulgaris* L. *Plant. International Journal of Plant Biology.* 145(3):233-238.
- Najafabadi, A., Amirnia, R., Hadi, H. 2013. Effect of different treatments of salicylic acid on some morphological traits and yield of white bean in salinity condition. *Journal of Applied Biological Sciences.* 7(1):56-60.
- Neil A. C.; Lawrence G. Mitchell y Reece, J.B. 2001. *Biología: conceptos y relaciones.* Tercera edición. Pearson Educación. DF. México, 896 pp.
- Nieman, H.R. y Bernstein, B. 1959. Interactive effects of Gibberellic acid and salinity on the growth of beans. *American Journal of Botany* 46(1): 667-685.
- Orozco-Vidal, J.A., Yescas-Coronado., Segura-Castruita, MA., Valdez-Cepeda, R., Martínez- Rubín de Celis, E., Montemayor-Trejo, JA., Fortis-Hernández, M., y Preciado-Rangel, P. 2011. Growth analysis of three varieties of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in an arid region of México. *International Journal of*

Experimental Botany 80: 47-52.

Olayinka, B., K. Olorunmaye and E. Etejere. 2009. Influence of metolachlor on physiological growth character of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Journal of Ethnobotanical. 10(1):7-14.

Ortega-Martinez, L. D.; Ocampo, M. J.; Martinez, V. C.; Perez, S. A.; Sanchez, O. J. 2013. Efecto de las giberelinas sobre el crecimiento y calidad de plantulas de tomate. Revista de Ciencias Biologicas y de Salud. 3:56-60.

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.

Paez, A., Paz, V., López, J.C. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio. Efecto del sombreado. Revista de la Facultad de Agronomía. 17:173-184.

Pavlista, D.A., Hergert, G., Dipak, K., and Schild, A. 2013. Mejora de la cosecha de frijoles con ácido giberelico. HortTechnology. 23: 282-287.

Peil, R. y J.R. Gálvez. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. Rev. Bras. Agrociencia 11:5-11.

Rasmussen, J. B., Hammerschmidt, R., and Zook, M. N. 1991. Systemic induction of salicylic acid accumulation in cucumber after inoculation with *Pseudomonas syringae* pv *syringae*. Plant Physiology 97:1342-1347.

- Ramírez, N. B. 2012. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento y desarrollo de un cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro .Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 61 pp.
- Ramos, P., M. A. Rubio, G. S. Rodríguez, M. Rodríguez, V. Santana y A. Quintero. 2010. Efecto del ácido giberélico sobre la producción hidropónica del tomate variedad Gabriela. *Tecnociencia Chihuahua* 4(2): 106-112.
- Ramírez, H., Rancaño-Arriola, J. H., Benavides-Mendoza, A., Mendoza-Villarreal, R., y Padrón-Corral, 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., O Méndez, A. Benavides y C. 2009. Influencia de prohexadiona-Ca y promotores de oxidación sobre el rendimiento, capsaicina y vitamina C en chile jalapeño. *Revista Chapingo, Serie horticultura* 15(3): 231-236.
- Raskin, I. 1992. Role of Salicylic Acid in Plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 43: 439-463.
- Rangel, G., Castro, E., Beltran, E., Reyes, H., y García, E. 2010. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. *Revista de la DES*. 12(2): 90-95.
- Raven, H. P., Evert, F. R., Eichhorn, S. 1992. *Biología de las Plantas*. Editorial Reverte, S.A. Barcelona, España. 751 pp.
- Rezende, P., J. Oliveira y G. Heringer. 2007. Método dft para producao de tomate em

- ambiente protegido. *Ciencia Agrotecnología* 31(3): 713-719.
- Rivas M. y J. Plasencia. 2011. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany* 62(10): 3321-3338.
- Rodríguez, L., Y. Matos, P. Santos y S. Infante. 2008. Crecimiento, floración y fructificación en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L., var. Vyta) provenientes de semillas tratadas con ácido salicílico. *Centro Agrícola* 35: 29-34.
- 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, *Investigación y Saberes*. 1(2):44-52.
- Ruiz, J., E. Terry, T. Tejeda, M. Díaz. 2009. Aplicación de bioproductos a la producción ecológica de tomate. *Cultivos Tropicales*. 30(3):56-64.
- Santiago. J., M. Mendoza y F. Borrego. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana* 9:59-65.
- Sánchez, R. A. 2002. El ácido salicílico en la emergencia y crecimiento de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv, great lakes. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 40 pp.
- Sadava, D. 2009. Vida: La ciencia de la biología. Octava Edición. Editorial Médica Panamericana S. A. Buenos Aires, Argentina. 1376 pp.

- Sánchez, R. S. 2010. Respuesta antioxidante al tratamiento con ácido salicílico en plantas de papa infectadas con fitoplasma. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegios de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. 167 pp.
- Sánchez-Chávez., E.; Barrera-Tovar., R.; Muñoz-Márquez., E.; Ojeda-Barrios., D.L.; Anchondo-Nájera., A. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. Revista Chapingo Serie Horticultura 17:62-68.
- Shettel, N. L., y Balke, N. E. 1983. Plant growth response to several allelopathic chemicals. Weed Science 31:293-298.
- Terry, E., M. Núñez, M. Pino y N. Medina. 2001. Efecto de la combinación biofertilizantes-análogo de brasinoesteroides en la nutrición del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Cultivos Tropicales 22(2): 59-65.
- Vlot, A. C., Dempsey, D. M. A., y Klessig, D. F. 2009. Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. Annual Review of Phytopathology 47:177-206.
- Villanueva-Couoh, E., G. Alcántar-González, P. Sánchez-García, M. Soria Fregoso y A. Larque-Saavedra. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de *Chrysanthemum morifolium* (Ramat) Kitamura, en Yucatán. Revista Chapingo Serie Horticultura 15(2): 25-31.
- 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.

- Vernooij, B., Friedrichya, L., Morseyb, A., Reist, R., Kolditzjawhar, R., Ward, E., Uknes, S., Kessmann. And H., Ryals, J. 1994. Salicylic Acid is not the Translocated Signal Responsible for Inducing Systemic Acquired Resistance but is required in Signal Transduction. *American Society of Plant Physiologists* 6:959-965.
- Villanova, R.J. y Larios F. 1972. Efecto de interacción del ácido giberelico y sulfato de amonio en el crecimiento de tres variedades de frijol. Depto de Fitotecnia, Universidad del Salvador. Edit. Managua, Nicaragua. 233 pp.
- Wildermuth, M.C., J. Dewdney, G. WU y F.M. Ausubel. 2001. Isochorismate synthase is required to synthesize salicylic acid for plant defense. *Nature* 414: 562-565.
- Weaver, R. 1980. Reguladores de crecimiento en las plantas en la agricultura. Cuarta Edición. Editorial: Trillas. México, DF. 76 pp.
- Yaxi, Z. Shaohua, X. Pingtao, 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.
- Yuan, S. y Lin, H. 2007. Role of Salicylic Acid in Plant Abiotic Stress. *Verlagder Zeitschrift für Naturforschung, Tübingen* 63:313-320.
- Zeferino, R. R. 2005. Crecimiento y rendimiento de tomate al aplicar complejo de poliacido acrilico-quitosan y acido salicilico en la solucion nutritiva. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro .Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México. 25 pp.

Zuaznabar-Zuaznabar, R., Pantaleón-Paulino, G., Milanés-Ramos, N., Gómez-Juárez, I., y Herrera-Solano, A. 2013. Evaluación del bioestimulante del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar FITOMAS-E en el estado de Veracruz, México. Revista ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar 47(2): 8-12.