

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**



Aplicación foliar de ácido salicílico en la producción de chile jalapeño (*Capsicum  
annuum* L.)

Por:

**MARTIN SANCHEZ SANCHEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Torreón, Coahuila, México  
Junio 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

**Aplicación foliar de ácido salicílico en la producción de chile jalapeño**  
(*Capsicum annum L.*)

Por:

**MARTIN SANCHEZ SANCHEZ**

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial  
para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

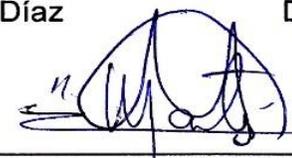
Aprobada por:

  
Dr. Pablo Preciado Rangel  
Presidente

  
Dr. Esteban Favela Chávez  
Vocal

  
M.C. David Alejandro Vázquez Díaz  
Vocal

  
Dr. Juan José Rodríguez Valdéz  
Vocal Suplente

  
M.E. Víctor Martínez Cueto  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México  
Junio 2018

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**

**Aplicación foliar de ácido salicílico en la producción de chile jalapeño**  
*(Capsicum annuum L.)*

Por:

**MARTIN SANCHEZ SANCHEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Pablo Preciado Rangel  
Asesor Principal

  
Dr. Esteban Favela Chávez  
Coasesor

  
M.C. David Alejandro Vázquez Díaz  
Coasesor

  
M.E. Víctor Martínez Cueto  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México  
Junio 2018

## **AGRADECIMIENTO**

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por haberme dado la oportunidad realizar mis estudios en agronomía.

**Al departamento de horticultura** por haberme dado la oportunidad de terminar con mis estudios de licenciatura.

**A Dios** por darme las fuerzas de seguir adelante en mi carrera, sobre todo por haberme ayudado para poder llegar a cumplir con mis metas con grandes enseñanzas.

**A Mis padres Juan y Esperanza** por el apoyo incondicional brindado por sus consejos y por haberme apoyado en los momentos más difíciles de mi carrera, siempre motivándome a ser mejor persona cada día.

**Al Dr. Pablo Preciado Rangel** por haberme dado la oportunidad de permitirme realizar la presente tesis bajo su dirección, por sus comentarios y observaciones, por darme animo de ser mejor persona en todo momento.

**Dr. Esteban Favela Chávez** por su apoyo brindado para poder terminar este proyecto y por las observaciones y sugerencias.

**MC. David Alejandro Vázquez Díaz** por su apoyo durante la tesis y por los consejos brindados para ser mejor como ingeniero.

**A mis amigos Abimael, Sergio, Claudio, Vidal, Eslin, Juan Carlos, John, Wily, Rigoberto, Abel, Guadalupe.** Y a todos mis amigos y compañeros de la prepa y de la universidad que formaron parte en algún momento de mi vida, estaré siempre agradecido con ustedes por todo el apoyo brindado, los llevare siempre en mis pensamientos y algunos que aprecio como hermanos los llevare siempre en mi corazón, bendiciones y éxito.

## DEDICATORIA

**A mis padres,** Juan Sánchez Gómez y Esperanza Gómez Bautista, por haberme dado la oportunidad de seguir estudiando, por su confianza, consejos, y por el apoyo económico que me brindaron durante mi carrera, gracias a ustedes esto fue posible, no fue fácil, pero lo logre, estaré eternamente agradecido con ustedes papas.

**A mis hermanos,** Javier, Humberto, Patricio, Graciela, Delfina, Francisco, Ezequiel y Erika por todo el apoyo incondicional brindado, por sus consejos y sobre todo el apoyo económico para poder terminar la carrera, este logro también es de ustedes agracias a eso culmino una etapa más en mi vida.

**A mis abuelos,** Puebla Y Francisca ustedes fueron mi motivación para ser mejor persona cada día y poder superarme.

**A mis primos,** Armando, Marcos, Alfredo, Eduardo gracias por el apoyo y sus consejos en los momentos difíciles.

**A mis tíos,** Narciso, Celia y Leticia por el apoyo económico brindado en los momentos difíciles, por sus consejos para lograr mis metas.

## RESUMEN

El uso de elicitores como el ácido salicílico es una práctica agronómica que en años recientes se ha utilizado para mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar del ácido salicílico aplicados vía foliar en el cultivo de chile jalapeño y su efecto en los frutos; los tratamientos consistieron en la aspersion foliar de las concentraciones (0.0, 0.1, 0.15 y 0.25 mM). El experimento fue conducido bajo un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones. Como variable respuesta se evaluó el rendimiento y la calidad comercial de los frutos. Los resultados obtenidos confirman que la dosis intermedia de ácido salicílico (0.15 mM), afectó positivamente el peso de fruto, tamaño, diámetro, largo, frutos por planta y rendimiento superando al testigo en 99.95 % en esta última variable. La aplicación foliar de ácido salicílico es una alternativa para incrementar la producción y la calidad comercial de frutos de chile jalapeño.

**Palabras clave:** *Capsicum annuum L*, elicitor , rendimiento y calidad.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|  | Pág. |
|--|------|
| AGRADECIMIENTO.....  | i    |
| DEDICATORIA.....   | ii   |
| RESUMEN.....   | iii  |
| ÍNDICE DE CONTENIDO.....   | iv   |
| ÍNDICE DE TABLA.....   | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....   | ix   |
| 1. INTRODUCCION.....   | 1    |
| Objetivos General.....   | 2    |
| Objetivo específico.....   | 3    |
| Hipótesis.....   | 3    |
| 2. REVISION DE LITERATURA.....   | 4    |
| 2.1 Origen e historia del chile jalapeño ( <i>Capsicum annuum</i> L.)..... | 4    |
| 2.2 Clasificación taxonómica.....  | 4    |
| 2.3 Características botánicas.....   | 5    |
| 2.3.1 Sistema radical.....   | 6    |
| 2.3.2 Tallo.....   | 6    |
| 2.3.3 Hoja.....  | 6    |
| 2.3.4 Flor.....  | 6    |

|  |    |
|--|----|
| 2.3.5 Fruto .....  | 7  |
| 2.3.6 Semilla .....  | 7  |
| 2.4 Requerimientos climáticos .....                            | 7  |
| 2.4.1 Temperatura .....  | 8  |
| 2.4.2 Humedad del suelo .....                                  | 8  |
| 2.4.3 Característica del sustrato .....                        | 9  |
| 2.4.4 Luminosidad .....  | 9  |
| 2.5 Sustrato .....   | 10 |
| 2.5.1 Características físicas del sustrato .....               | 11 |
| 2.6 Tecnología de producción .....                             | 11 |
| 2.6.1 Generalidades de las soluciones nutritivas. ....         | 11 |
| 2.6.2 El pH de la solución nutritiva .....                     | 13 |
| 2.6.3 Presión osmótica .....                                   | 13 |
| 2.6.4 Relación mutua entre iones y cationes .....              | 14 |
| 2.6.5 Solución Universal Steiner .....                         | 15 |
| 2.6.6 Calidad del agua para solución nutritiva. ....           | 15 |
| 2.6.7 Ácido salicílico .....                                   | 16 |
| 3. MATERIALES Y METODOS .....                                  | 18 |
| 3.1 Localización y características del sitio experimental..... | 18 |
| 3.2 Diseño experimental .....                                  | 18 |

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| <b>3.3</b>   | <b>Análisis del agua.....</b>                     | <b>19</b> |
| <b>3.4</b>   | <b>Manejo agronómico .....</b>                    | <b>20</b> |
| <b>3.4.1</b> | <b>Siembra .....</b>                              | <b>20</b> |
| <b>3.4.2</b> | <b>Trasplante .....</b>                           | <b>20</b> |
| <b>3.5</b>   | <b>Preparación de la solución nutritiva .....</b> | <b>20</b> |
| <b>3.5.1</b> | <b>Riego y fertilización .....</b>                | <b>21</b> |
| <b>3.5.2</b> | <b>Tutorado .....</b>                             | <b>21</b> |
| <b>3.5.3</b> | <b>Polinización.....</b>                          | <b>21</b> |
| <b>3.5.5</b> | <b>Cosecha .....</b>                              | <b>21</b> |
| <b>3.6</b>   | <b>Variables evaluadas.....</b>                   | <b>22</b> |
| <b>3.6.1</b> | <b>Altura de la planta .....</b>                  | <b>22</b> |
| <b>3.6.2</b> | <b>Diámetro de tallo.....</b>                     | <b>22</b> |
| <b>3.6.3</b> | <b>Peso fresco de tallo, hoja y raíz. ....</b>    | <b>22</b> |
| <b>3.6.4</b> | <b>Peso seco del tallo, hoja y la raíz.....</b>   | <b>22</b> |
| <b>3.6.5</b> | <b>Número de frutos.....</b>                      | <b>23</b> |
| <b>3.6.6</b> | <b>Peso, largo y diámetro del fruto. ....</b>     | <b>23</b> |
| <b>3.6.7</b> | <b>Análisis estadístico .....</b>                 | <b>23</b> |
| <b>4.</b>    | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>               | <b>24</b> |
| <b>4.1</b>   | <b>Variables evaluadas .....</b>                  | <b>24</b> |
| <b>4.2</b>   | <b>Altura de la planta.....</b>                   | <b>24</b> |

|             |                               |           |
|-------------|-------------------------------|-----------|
| <b>4.3</b>  | <b>Diámetro de Tallo</b>      | <b>25</b> |
| <b>4.4</b>  | <b>Peso fresco de tallo</b>   | <b>26</b> |
| <b>4.5</b>  | <b>Peso fresco de hoja</b>    | <b>27</b> |
| <b>4.6</b>  | <b>Peso fresco de raíz</b>    | <b>28</b> |
| <b>4.7</b>  | <b>Peso seco de tallo</b>     | <b>29</b> |
| <b>4.8</b>  | <b>Peso seco de hoja</b>      | <b>30</b> |
| <b>4.9</b>  | <b>Peso seco de raíz</b>      | <b>31</b> |
| <b>4.10</b> | <b>Número de frutos</b>       | <b>32</b> |
| <b>4.11</b> | <b>Peso de fruto</b>          | <b>33</b> |
| <b>4.12</b> | <b>Diámetro de fruto</b>      | <b>34</b> |
| <b>4.13</b> | <b>Longitud del fruto</b>     | <b>35</b> |
| <b>4.14</b> | <b>Rendimiento por planta</b> | <b>36</b> |
| <b>5.</b>   | <b>CONCLUSIONES</b>           | <b>38</b> |
| <b>6.</b>   | <b>LITERATURA CITADA</b>      | <b>39</b> |

## ÍNDICE DE TABLA

**Pág.**

**Tabla 1.** Análisis de agua utilizado en el experimento .....19

**Tabla 2.** Fertilizantes utilizados en la preparación de las soluciones nutritivas.....20

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | Pág. |
|--|------|
| <b>Figura 1.</b> Altura promedio de la planta de jalapeño por efecto de diferentes dosis de ácido salicílico.....                                  | 25   |
| <b>Figura 2.</b> Diámetro promedio de tallo de plantas de chile por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico.....                  | 26   |
| <b>Figura 3.</b> Peso fresco de tallo de las plantas de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. ....          | 27   |
| <b>Figura 4.</b> Peso fresco de la hoja de las plantas de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico.. ....       | 28   |
| <b>Figura 5.</b> Peso fresco promedio de raíz de las plantas de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico.. .... | 29   |
| <b>Figura 6.</b> Peso seco promedio de tallo de las plantas de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. ....   | 30   |
| <b>Figura 7.</b> Peso seco promedio de tallo de las plantas de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico.).....  | 31   |
| <b>Figura 8.</b> Peso seco promedio de raíz de las plantas de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico.).....   | 32   |
| <b>Figura 9.</b> Número de frutos promedio por planta por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico.....                            | 33   |
| <b>Figura 10.</b> Peso promedio del fruto de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico.....                      | 34   |
| <b>Figura 11.</b> Diámetro promedio del fruto de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico.....                  | 35   |
| <b>Figura 12.</b> Longitud promedio de frutos por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. ....                                   | 36   |
| <b>Figura 13.</b> Rendimiento promedio por planta de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico.....              | 37   |

## 1. INTRODUCCION

En México, los sistemas de producción bajo agricultura protegida han crecido aceleradamente en los últimos años con la construcción de invernaderos y casa sombra (Padilla-Bernal *et al.*, 2012). La agricultura protegida (AP) es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos (Moreno *et al.*, 2011).

Bajo estos sistemas de producción intensiva se demanda la aplicación continua de nutrimentos, mediante una solución nutritiva que se elabora con fertilizantes, generalmente importados, de tal manera que se incrementan los costos de producción, el uso excesivo de productos químicos en la agricultura preocupa a los consumidores por el nivel de contaminantes que los frutos pudiera contener (Dimas *et al.*, 2008).

Entre otras ventajas la agricultura protegida, permite el desarrollo de cultivos agrícolas fuera de su ciclo natural y en menor tiempo, se enfrenta con éxito plagas y enfermedades, incremento en producción y calidad (Santos *et al.*, 2010).

Al respecto, existen alternativas que ayudan a incrementar el rendimiento sin comprometer la calidad de los cultivos control de temperatura (sistema de calefacción y pared húmeda), utilizan el suelo como sustrato, riego por goteo (Grijalva *et al.*, 2011).

Una de estas moléculas es el ácido salicílico (AS), ya que propicia ciertos efectos en los cultivos a nivel celular que generan un mejor desarrollo; el AS participa en diversos procesos fisiológicos tales como , resistencia a patógenos,

inducción a la floración, el crecimiento de raíces y absorción de nutrimentos e incrementos de rendimientos (Sánchez et al., 2013).

Se han realizado numerosas investigaciones que el AS influye significativamente la producción de la biomasa foliar y enraizamiento de plantas de chile, así como el rendimiento y calidad (Sánchez *et al.*, 2011). Lo anterior significa que el AS representa una alternativa en la producción de chile de calidad.

En México, el chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) ocupa el segundo lugar entre las hortalizas comerciales y de exportación (Castellón-Martínez et al., 2012). Este aumento en la producción de chiles, principalmente los picosos, se debe a la creciente demanda de este producto en todas sus presentaciones (fresco, seco y procesado), tanto para consumo directo como para usos industriales (Rivera, 2015).

Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente trabajo fue estudiar la influencia que tiene la aplicación de diferentes dosis de AS sobre el rendimiento y la calidad comercial en el cultivo de chile jalapeño desarrollado bajo condiciones protegidas.

### **Objetivos General**

Determinar el efecto del ácido salicílico aplicado vía foliar en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) bajo condiciones de invernadero.

**Objetivo específico**

Determinar la dosis óptima de ácido salicílico que genere el mayor rendimiento en chile jalapeño.

**Hipótesis**

Al menos una de las concentraciones de ácido salicílico utilizado en esta investigación mejorada el crecimiento y rendimiento en el cultivo de chile jalapeño.

## **2. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 Origen e historia del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.)**

El género *Capsicum* es originario de América del sur (de los Andes y de la cuenca alta del Amazonas, Perú, Bolivia, Argentina y Brasil). La mayoría de las especies de chile actualmente cultivadas se consideran originarias de América Central (Rivera, 2013).

Se ha especulado que el chile pudo haber sido el primer cultivo domesticado en Mesoamérica; al menos es posible afirmar que ha sido un ingrediente obligatorio en la comida mexicana desde hace miles de años. Aunque es un material perecedero y no tiene buena conservación, en varios sitios arqueológicos se han encontrado evidencias de la existencia del chile en la época prehispánica como semilla carbonizada o fragmentos de semilla. En México se han encontrado restos arqueológicos en el Valle de Tehuacán, Pue., fechados entre 7,000 y 5,000 años A.C.(Aguirre y Muñoz, 2015).

El chile, a diferencia de otras plantas comestibles provenientes de América, que tardaron décadas en ser aceptadas por los europeos, conoció una rápida difusión mundial luego de su llegada a España. Las plantas de *Capsicum* americanas se conocieron en la península ibérica al retorno del primer viaje de Colón, en 1493 (Trinidad, 2005).

### **2.2 Clasificación taxonómica**

El cultivo de chile resulta muy interesante sobre todo por el gran número de variedades cultivadas que posee y son distinguidas principalmente por sus

características formas e incluyen tipos conocidos comúnmente como: campana, pimiento, ancho, Anaheim, Cayenne, jalapeño. (Pérez *et al.*, 1998)

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Subclase:** Asteridae

**Orden:** Solanales

**Familia:** Solanaceae

**Subfamilia:** Solanoideae

**Tribu:** Capsiceae

**Género:** Capsicum

**Especie:** Capsicum annum L.

### **2.3 Características botánicas**

Es una planta anual de tallos ramificados, semileñosos, de 50-70 cm de altura, con hojas oblongas, lanceoladas y flores blancas, solitarias en la inserción de las hojas; el fruto es una baya de forma variada, alargada. De color Rojo, verde, amarillento violáceos en su madurez, con una raíz pivotante con numerosas raíces adventicias.

### **2.3.1 Sistema radical**

El sistema radical es muy ramificado y veloso, la raíz primaria es corta y muy ramificada. Algunas raíces llegan a profundidades de 70 o hasta de 120 cm y lateralmente se extiende hasta 120 cm de diámetro alrededor de la planta. La mayor parte de las raíces están a una profundidad de 5 a 40 cm en el suelo (Pérez *et al.*, 1998).

### **2.3.2 Tallo**

Posee un tallo principal de crecimiento erecto y limitado llegando a alcanzar un crecimiento de 50 a 200 cm de altura, de acuerdo al manejo que se emplea para la producción. Cuando la planta llega a cierta edad los tallos se lignifican ligeramente llegando a ser semileñosos (Ruiz *et al.*, 1983).

### **2.3.3 Hoja**

Pecioladas, alternas, lisas y brillantes de hasta 15 cm. De largo, alargadas en unas variedades y anchas, ovaladas en otros (Valentín-Miguel *et al.*, 2013).

### **2.3.4 Flor**

Son sencillas, aparecen en las axilas de las hojas, perfectas de color blanco, amarillo a veces púrpuras según la variedad que se trate, las flores tienen el cáliz gamosépalo y persistente, el cual está provisto de 5 a 6 dientes. La corola presenta 5 a 6 pétalos soldados, tiene el tubo muy corto y el limbo plegado. Androceo formado por 5 a 6 estambres que se encuentran insertos en el tubo de la corola con filamentos más largos que las anteriores. Ovario de 2, 3 o 4 lóculos multilobulados

y con numerosas semillas, el estilo cilíndrico, de longitud igual o mayor que los estambres, terminado en un estigma muy corto, claviforme, verdoso o amarillento (Ramirez, 2012).

### **2.3.5 Fruto**

Es como una baya-vaina y en algunas variedades se hace curvo cuando se acerca a la madurez, el color verde del fruto se debe a la alta cantidad de clorofila acumulada en la capa del pericarpio. Los frutos maduros toman color rojo o amarillo debido a los pigmentos licopersicina, xantofila y caroteno (Valentín-Miguel *et al.*, 2013).

La pulpa es el pericarpio tiene cualidades distintas: espesor de (1-2 hasta 6-8 mm) consistencia, sabor, color, etc. Y se forma mejor cuando la mayor parte de los óvulos está fecundados (Flores, 2011).

### **2.3.6 Semilla**

Las semillas generalmente son deprimidas, reniformes, lisas de coloración amarillenta o blanco amarillenta. El porcentaje de germinación generalmente es alta y puede mantenerse por 4 a 5 años bajo buenas condiciones de conservación (Valadez, 1994).

## **2.4 Requerimientos climáticos**

### **2.4.1 Temperatura**

La temperatura ejerce una gran influencia sobre el crecimiento y el metabolismo de las plantas y no hay tejido o proceso fisiológico que no esté influido por ella (Gómez, 2002).

El ciclo vegetativo de esta planta depende de las variedades, de la temperatura en las diferentes épocas, tales como, germinación, desarrollo, floración, maduración, de la duración del día y de la intensidad luminosa. Este cultivo requiere una temperatura media de 24 °C. Por debajo 15 °C, el crecimiento es malo y con 10 °C, el desarrollo del cultivo se paraliza. Con temperaturas superiores a los 35 °C, el fructificación es muy débil o nula, sobre todo si el aire es seco. Las bajas temperaturas también influyen a que se obtengan cosechas con frutos de menor tamaño, que a su vez pueden presentar deformaciones, se reduce la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocarpicos, las altas temperaturas provocan la caída de flores y frutos (Ramirez, 2012). En las regiones chileras de la entidad, predomina una temperatura media anual de 26°C con una oscilación de 5°C entre los meses más cálidos y templados; estas condiciones resultan óptimas para el cultivo del chile durante todo el año.

### **2.4.2 Humedad del suelo**

(García y Nava, 2009).Mencionan que el chile, para cumplir satisfactoriamente con sus requerimientos hídricos durante el ciclo de cultivo, requiere de 600 a 900 mm de precipitación distribuidos en forma regular. El contenido óptimo de humedad en el suelo para germinación, crecimiento y

producción de alta calidad de chile debe ser de 80 a 90% de la capacidad de campo; el contenido mínimo para la germinación y crecimiento es de 60%.

### **2.4.3 Característica del sustrato**

Bajo invernadero, los semilleros se pueden hacer con suelo, con sustratos orgánicos, con sustratos artificiales o con una mezcla apropiada de éstos. Siempre se debe lograr un sustrato con características físicas, químicas y biológicas propicias, que faciliten la germinación (Ortega-Martínez *et al.*, 2010).

Debe tener la granulometría ideal, bien proporcionada y buen drenaje, los contenedores deberán considerar una buena profundidad, esto con el objeto de favorecer y permitir el desarrollo radicular. Hay que partir de que, no existe un “sustrato ideal” pero si un “manejo ideal” para cada sustrato, donde influye el volumen y hasta la geometría y disposición de los contenedores (Olivera, 2014).

### **2.4.4 Luminosidad**

La importancia del papel que juega la luz en la producción hortícola está fuera de duda. Los invernaderos deben conectar el máximo de radiación solar durante todo el día en invierno y durante el resto del año deben aprovechar la radiación de la mañana y de la tarde, para lograr un balance térmico favorable y activar la fotosíntesis al transmitir parte del espectro visible. La pendiente del techo, la forma del invernadero y la orientación de la estructura son los factores clave (Reyes, 2005).

## 2.5 Sustrato

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Infoagro, 2016).

Uno de los problemas más serios con los medios de crecimiento basados en suelo natural, es que éste puede contener toda una variedad de plagas y enfermedades, como hongos fitopatógenos, insectos y nematodos, además de semillas de malas hierbas. A causa de estos problemas, el suelo necesita ser esterilizado con productos químicos antes de que sea utilizado como medio de crecimiento. Sin embargo, no es tan recomendable debido al alto riesgo de intoxicación, además de que contribuye al calentamiento global (Fortis-Hernández *et al.*, 2007).

Las propiedades físicas que usualmente se determinan son el espacio poroso total, capacidad de aireación, capacidad de retención de agua, densidad aparente y densidad real (Cruz-Crespo *et al.*, 2013).

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, etc.

**Según sus propiedades.**

**Sustratos químicamente inertes.** Arena granítica o silíceo, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.

**Sustratos químicamente activos.** Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.

**2.5.1 Características físicas del sustrato**

(Rucks *et al.*, 2004). Menciona qué la condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes.

**2.6 Tecnología de producción****2.6.1 Generalidades de las soluciones nutritivas.**

La hidroponía es una tecnología para desarrollar plantas en solución nutritiva (SN) (agua y fertilizantes), con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, vermiculita, lana de roca, etc.) para proveer soporte mecánico a la planta (Jensen y Collins, 1985).

El sistema hidropónico líquido no tiene un medio de soporte; los sistemas en agregado tienen un medio sólido de soporte. Los sistemas hidropónicos han sido clasificados como abierto (una vez que la SN es aplicada a las raíces de las plantas,

ésta no es reusada), o cerrado (la SN excedente es recuperada, regenerada y reciclada), (Lara, 1999).

Es el conjunto de sales inorgánicas (fertilizantes) disueltas en el agua de riego, que origina una solución con nutrimentos asimilables y en proporciones adecuadas, de los elementos nutritivos requeridos por las plantas, como son: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Azufre (S), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Molibdeno (Mo) y Cloro (Cl), (Sagarpa, 2016).

La solución nutritiva universal consiste de:  $\text{NO}_3^-$ , 12 me  $\text{L}^{-1}$ ;  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , 1 me  $\text{L}^{-1}$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$ , 7 me  $\text{L}^{-1}$ ;  $\text{K}^+$ , 7 me  $\text{L}^{-1}$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ , 9 me  $\text{L}^{-1}$ ; y  $\text{Mg}^{2+}$ , 4 me  $\text{L}^{-1}$ , cuando el potencial osmótico es -0.072 MPa y el pH es 6.5. Sin embargo, las necesidades nutrimentales de los vegetales dependen de factores como: especie, variedad, etapa fenológica y ambiente físico en que se desarrolla la planta, el cual afecta la tasa de absorción y la distribución de nutrimentos dentro de la misma, además de la tasa de crecimiento (Villegas-Torres *et al.*, 2005).

(Steiner, 1961). Steiner menciona que, para las soluciones nutritivas, puede modificarse la relación porcentual de cualquier ion, manteniendo las relaciones mutuas entre cationes y entre aniones y la cantidad total de iones. Tal modificación debe hacerse dentro de ciertos límites de concentración relativa de los iones involucrados.

### 2.6.2 El pH de la solución nutritiva

La acidez o alcalinidad de una solución están determinadas por la concentración de  $H^+$ . En la mayor parte de las sustancias naturales comunes, estas concentraciones son muy bajas y expresarlas en forma decimal o exponencial resulta engorroso, y con frecuencia es fuente de errores. En 1909, el danés Sørensen propuso una alternativa para expresar la concentración de  $H^+$ . Sørensen sugirió que, en lugar de usar números en forma decimal o exponencial, se empleara una transformación logarítmica de la concentración molar de protones a la que llamó pH. Como resultado de esta transformación, los números fraccionarios se convierten en números con enteros positivos, y como es inversa, mientras mayor es la concentración de  $H^+$ , el valor del pH es menor. Hoy en día el pH es la forma más común de expresar la acidez y la alcalinidad (Velázquez y Ordorica, 2013).

El pH de la SN determina la solubilidad de algunos nutrientes, principalmente de P y  $Ca^{2+}$ , para evitar su precipitación, el pH debe ser mantenido entre 5.5 y 6.0. La relación  $NO_3^- : NH_4^+$  afecta la calidad y la producción de frutos, la asimilación del  $NH_4^+$  depende de la luminosidad; el  $N-NH_4^+$  debe ser menor que 20 % respecto al N total. La temperatura de la SN influye en la absorción de nutrientes y en el contenido de oxígeno disuelto, la temperatura óptima es de 22 °C (Lara, 1999).

### 2.6.3 Presión osmótica

La respuesta de las plantas en crecimiento y desarrollo a la solución nutritiva del cultivo hidropónico (Steiner, 1966) depende de varios factores, el más

importante de éstos es la concentración total de iones, expresada como presión osmótica de la solución nutritiva, que es una propiedad fisicoquímica de las soluciones que depende de la cantidad de partículas, o solutos disueltos. Un aumento de la presión osmótica debido al incremento en el contenido de nutrientes o de otros iones en la solución nutritiva provoca que la planta realice un esfuerzo mayor para absorber agua y algunos nutrientes (Juárez *et al.*, 2006)

La PO también influye en la absorción de agua y de los nutrimentos, pues a mayor PO, menor es la absorción; además, la absorción de nutrimentos se ve afectada de manera diferencial: la absorción de  $\text{SO}_4$  es más restringida que la de  $\text{NO}_3$  y  $\text{H}_2\text{PO}_4$ ; el Ca más afectado que el Mg, y éste que el K, lo cual ocasiona un desbalance de la SN.(Steiner, 1973).

El alto contenido de sales disueltas en la SN aumenta el efecto osmótico y disminuye la disponibilidad de agua fácilmente utilizable por la planta en el medio de cultivo, lo que afecta la absorción de Ca y da lugar a la pudrición apical de los frutos (Rincón, 1997).

#### **2.6.4 Relación mutua entre iones y cationes**

La importancia del balance iónico comienza cuando las plantas absorben los nutrimentos de la solución nutritiva diferencialmente (Jones, 2016).

La razón de esta variación se debe a las diferentes necesidades de los cultivos (especie y etapa de desarrollo) y la diversidad de condiciones ambientales. La restricción de estos rangos, además de ser de tipo fisiológico, es química, lo cual

está determinado principalmente por la solubilidad de los compuestos que se preparan en Soluciones Nutritivas. El límite de solubilidad del producto de los iones fosfato y calcio es de  $2.2 \text{ mol L}^{-1}$ , y del producto entre el sulfato y el calcio, de  $60 \text{ mol L}^{-1}$  (Steiner, 1984).

### **2.6.5 Solución Universal Steiner**

Steiner (1984). Menciona que las altas concentraciones de  $\text{NH}_4^+$  inducen toxicidad en la planta, la cual se atribuye a la acidez de la zona radical, a la acumulación de  $\text{NH}_4^+$  y a la disminución en la absorción de cationes (K, Ca y Mg), lo que provoca desbalances en su interior, en general no causa ningún problema.

La formulación óptima de una SN depende de la especie y variedad; del estado de desarrollo de la planta, la parte de la planta que será cosechada, la época del año, la duración del día y clima y, por supuesto, del método de cultivo. Debido a esta gran variabilidad de factores, no es posible diseñar una SN adecuada. Con base a lo anterior, Steiner estudió sistemáticamente el efecto de las SN sobre el desarrollo de los cultivos, para lo cual mezcló los nutrimentos de manera similar a como se encuentran en las plantas en condiciones normales de crecimiento. (Steiner, 1961).

### **2.6.6 Calidad del agua para solución nutritiva.**

Los contenidos elevados de calcio o magnesio (mayores a 30 ppm en cada caso), obligarán a realizar correcciones en la formulación de la solución nutritiva.

Por su parte, elementos como sodio o cloro en forma excesiva podrán ser tóxicos para la planta (Gilsanz, 2007).

El análisis químico del agua es un pre-requisito para determinar las cantidades y tipos de fertilizantes que se deben utilizar en la preparación de la SN, ya que, según sus propiedades químicas, se realizan los ajustes necesarios para que la SN tenga un adecuado pH, contenido de sales, PO y balance entre los iones. Las principales propiedades del agua que se deben tomar en cuenta para la preparación de la SN, son las siguientes: el pH, las sales disueltas, (aniones, cationes, micronutrientes y los elementos tóxicos) (Favela *et al.*, 2006).

El pH del agua no es un factor limitante, ya que se puede ajustar a las necesidades más apropiadas del cultivo con ácidos (pH 5.5). El manejo apropiado del riego es esencial para asegurar un alto rendimiento y una alta calidad. Al aire libre, el pimiento puede necesitar hasta  $4.500 \text{ m}^3/\text{ha}^{-1}$  de agua, y en invernaderos hasta  $8.000 \text{ m}^3/\text{ha}^{-1}$ . (Berrios *et al.*, 2007).

### **2.6.7 Ácido salicílico**

Actualmente, se ha considerado al ácido salicílico (AS) como un biorregulador del crecimiento de las plantas. Entre los efectos que causa el AS en el desarrollo de los vegetales se tiene: inhibición de la germinación o del crecimiento de raíz y coleoptilo, inducción de la floración e inhibición de la misma, provoca cierre de estomas y reducción de la transpiración (Sánchez-Chávez *et al.*, 2011)

El ácido salicílico (AS) además de favorecer el crecimiento vegetal, está involucrado en diversos procesos fisiológicos tales como termogénesis, resistencia a patógenos, crecimiento de raíces y absorción de nutrimentos (Guzmán-Antonio *et al.*, 2012).

Entre las investigaciones, se menciona que las aplicaciones foliares de AS, aumentan la biomasa de plantas de soya (Gutiérrez-Coronado *et al.*, 1998). y el rendimiento de trigo (López *et al.*, 1998).

(Gutiérrez, 1997). Mencione que en soya, algodón y tabaco se observó que el AS, estimula fuertemente el crecimiento aéreo, pero sobre todo el crecimiento y formación de raíces en hasta un 100 % respecto al testigo.

Aplicó AS y estimuló un mayor crecimiento de raíces de zanahoria (60 %), betabel (16%) y rábano (200 %) referente al testigo (Aristeo, 1998). Provoca cierre de estomas y reducción de la transpiración, mantiene turgente los estomas y pulvinolos, altera la permeabilidad de los tilacoides (López *et al.*, 1998). Crecimiento de frutos, la abscisión de hojas y frutos, la senescencia, la regulación de algunos procesos metabólicos y la resistencia de las plantas a estrés por temperatura y agua (Benavides-Mendoza *et al.*, 2004).

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Localización y características del sitio experimental**

El estudio se estableció bajo condiciones de invernadero, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna, Torreón Coahuila, México, localizado entre los 101° 40' y 104° 45' de longitud oeste y los paralelos 25° 05' y 26° 54' de latitud. Esta región recibe una precipitación media anual de 235 mm, tiene una altitud 1.139 m.s.n.m. y su temperatura media anual es de 18,6 °C.

El chile jalapeño (*Capsicum annuum L.*) variedad Pepper, utilizado en este experimento lo produce la compañía *Southern Star Seeds* originario de Estados Unidos de América.

El trasplante se realizó en bolsas de polietileno color negro de 10 litros mismas que se utilizó como maceta, el sustrato utilizado correspondió a arena de río lavado y desinfectado con cloralex al 5 %, con una proporción de 70 % de arena y 30 % de perlita mineral.

#### **3.2 Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones, teniendo 24 unidades experimentales, cada uno con una planta de chile, las macetas fueron acomodadas a una distancia de 30 cm entre planta y 50 entre hileras con una densidad de 4 plantas/ m<sup>2</sup>.

Los tratamientos consistieron en aplicación en dosis creciente de ácido salicílico asperjado vía foliar en las siguientes concentraciones 0.0, 0.1, 0.15 y 0.25

mM, las aplicaciones empezaron 25 días después de trasplante, las aplicaciones se realizaron a las 8 am hasta el último corte.

### 3.3 Análisis del agua

Se realizó un análisis de agua para cuantificar la cantidad de especies iónicas presentes y tomarlos en cuenta en el momento de la preparación de la solución nutritiva, los resultados del análisis de agua se presentan en el siguiente cuadro.

**Tabla 1.** Análisis de agua utilizado en el experimento

---

|   |            |
|---|------------|
| PARÁMETROS                                    |            |
| pH = 7.40                                     |            |
| CE = 1.37                                     |            |
| CACIONES SOLUBLES                             |            |
| Ca (me L <sup>-1</sup> ) = 9.39               |            |
| Mg (me L <sup>-1</sup> ) = 0.67               |            |
| Na (me L <sup>-1</sup> ) = 4.22               |            |
| K (me L <sup>-1</sup> ) = 0.35                |            |
|   | ∑ cationes |
| ANIONES SOLUBLES                              |            |
| CO <sub>3</sub> (me L <sup>-1</sup> ) = 0.27  |            |
| HCO <sub>3</sub> (me L <sup>-1</sup> ) = 4.24 |            |
| Cl (me L <sup>-1</sup> ) = 2.09               |            |
| SO <sub>4</sub> (me L <sup>-1</sup> ) = 6.55  |            |
|   | ∑ aniones  |
| SAL PREDOMINANTE                              |            |
| RAS = 6.24                                    |            |
| Fosfatos (ppm) = 7.30                         |            |
| Nitratos (ppm)                                |            |
| CLASIFICACION = C3S1                          |            |

---

### 3.4 Manejo agronómico

#### 3.4.1 Siembra

La siembra del chile jalapeño variedad Popper casa comercial Southern Star Seeds, S. de R.L. de C.V, se realizó charolas de 200 cavidades, como sustrato peat-moss, posteriormente se realizó un riego pesado para conseguir mayor humedad, después fue tapado con plástico negro para acelerar el proceso de germinación, se mantuvo un riego y cuidado constante hasta su trasplante.

#### 3.4.2 Trasplante

Las semillas germinaron a los 40 días y a los 70 días se realizó la seleccionando de las plantas más uniformes y vigorosas para trasplante en las macetas con arena y perlita hasta completar su ciclo vegetativo.

### 3.5 Preparación de la solución nutritiva

Para la preparación de la solución nutritiva se utilizaron fertilizantes comerciales.

**Tabla 2.** Fertilizantes utilizados en la preparación de las soluciones nutritivas .

| Nombre              | Formula                           | % de nutrientes que aporta |    |      |       |                 |   |
|---------------------|-----------------------------------|----------------------------|----|------|-------|-----------------|---|
|                     |                                   | SO <sub>4</sub>            | Ca | Mg   | K     | NO <sub>3</sub> | P |
| Nitrato de calcio   | Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> |                            |    |      |       | 15              |   |
| Sulfato de magnesio | Mg(SO <sub>4</sub> )              | 19.35                      |    | 9.78 |       |                 |   |
| Sulfato de potasio  | K <sub>2</sub> SO                 | 18                         |    |      | 50-53 |                 |   |
| NPK                 |                                   |                            |    |      | 44    | 13              | 2 |
| Ácido fosfórico     | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>    | 35%                        |    |      |       |                 |   |
| Ø=Densidad          | Ø1.88                             |                            |    |      |       |                 |   |

### **3.5.1 Riego y fertilización**

El primer riego se realizó una vez terminado el trasplante con solución nutritiva a razón de 250 mL por maceta en la mañana al igual por la tarde con un total de 500 mL al día, en ocasiones en que las plantas estaban muy estresadas por la mucha temperatura se aplicaba un riego solo con agua, este riego se mantuvo hasta el día de la cosecha del jalapeño.

### **3.5.2 Tutorado**

Para el tutorado se utilizó varas de 70 cm con la finalidad de mantenerlos erguidos.

### **3.5.3 Polinización**

La polinización se realizó de forma Manual, realizando movimientos con las manos dos veces al día.

### **3.5.5 Cosecha**

La cosecha fue manual cuando el fruto alcanzo su madurez fisiológica estas al trascurrir 90 después de la fecundación o cando el color verde cambiaba a un color más opaco, el fruto de cosecho en verde.

### **3.6 Variables evaluadas.**

#### **3.6.1 Altura de la planta**

Este variable se evaluó una vez se realizó la última cosecha, se midieron todas las repeticiones con un flexómetro de marca (Rotter). Los datos registrados en cm.

#### **3.6.2 Diámetro de tallo**

Esto se realizó al momento de medir la altura de las plantas, al mismo tiempo se tomó el diámetro de tallo a una altura de 10 cm, utilizando un vernier (marca Mitutoyo). Los datos se registraron en cm.

#### **3.6.3 Peso fresco de tallo, hoja y raíz.**

Para determinar el peso fresco total de la planta se utilizó una Basculas Digital Hard Work modelo (SF-400) de las cuales se pesaron; el tallo, hojas y la raíz, todos estos por separado. Estos datos fueron registrados en gramos.

#### **3.6.4 Peso seco del tallo, hoja y la raíz.**

Para determinar el peso seco total de materia seca del tallo, hoja y la raíz se utilizó una estufa felisa modelo 131, el material vegetativo se metió a la estufa a una temperatura de 65 °C por 7 días (168 horas), una vez que el peso de las muestras fue constante en todas. Se sacó la muestra de la estufa, el pesó de la materia seca se registraron en gramos.

### **3.6.5 Número de frutos**

El número de frutos se determinó hasta el término de la última cosecha, número de fruto por planta posteriormente el promedio por tratamiento tres cortes en total.

### **3.6.6 Peso, largo y diámetro del fruto.**

Esta variable fue evaluada al momento de cada cosecha, el fruto fue pesado en una báscula digital Hard Work modelo (SF-400), los datos fueron registrados en gr. Para medir el largo y diámetro de la fruta se utilizó un vernier, los datos fueron registrados en centímetros.

### **3.6.7 Análisis estadístico**

Los datos obtenidos de cada variable fueron analizados por análisis de varianza y para comparación de medias utilizando la prueba DMS ( $P \leq 0.05$ ), mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis Institute) versión 9.2.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

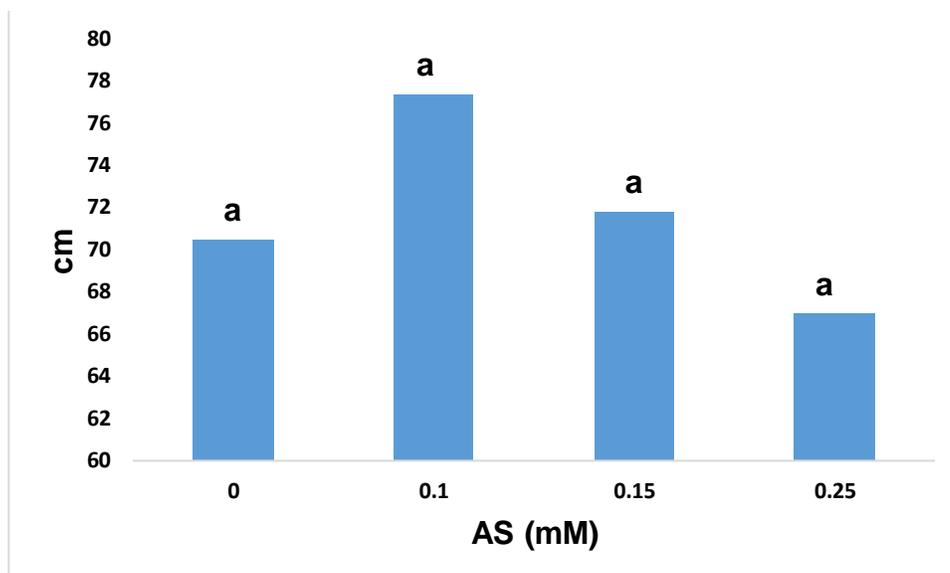
### **4.1 Variables evaluadas**

Para realizar esta evaluación se tomaron todas las repeticiones de los tratamientos, y los aspectos biométricos como altura de planta, diámetro del tallo y número de frutos por planta, longitud, diámetro y calidad del fruto (Perez, 2017).

### **4.2 Altura de la planta**

La aplicación foliar de ácido salicílico no afectó significativamente a la altura de planta (Figura 1); sin embargo la dosis 0.1 mM superó en 9.78 % al tratamiento testigo y en 14.75 % a la dosis más alta lo cual 0.1 mM probablemente es la dosis óptima.

(Larqué-Saavedra *et al.*, 2010). Señala que con dosis baja de AS se incrementa la altura casi como los pesos frescos y secos del vástago. Por lo que en el presente experimento con dosis de 0.1 (mM) aplicado vía foliar se obtuvo la mayor altura de planta dando como resultado mayor rendimiento y calidad de frutos.

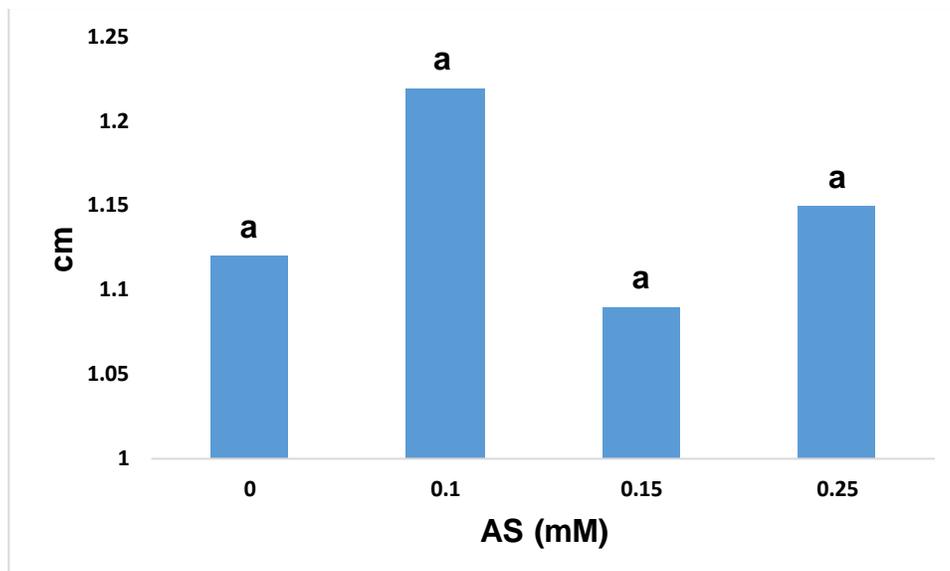


**Figura 1.** Altura promedio de la planta de jalapeño por efecto de diferentes dosis de ácido salicílico. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (*DMS*,  $P < 0.05$ ).

### 4.3 Diámetro de Tallo

La aplicación foliar de ácido salicílico no afectó significativamente al diámetro de tallo (Figura 2); sin embargo la dosis 0.1 mM superó en 8.92 % al tratamiento testigo y en 6.25 % a la dosis más alta lo cual 0.1 mM probablemente es la dosis óptima.

(Preciado *et al.*, 2002). Menciona que el diámetro de tallo es un buen indicador del vigor de las plántulas, ya que refleja directamente la acumulación de fotosintatos, los cuales posteriormente pueden traspasarse a los sitios de demanda.

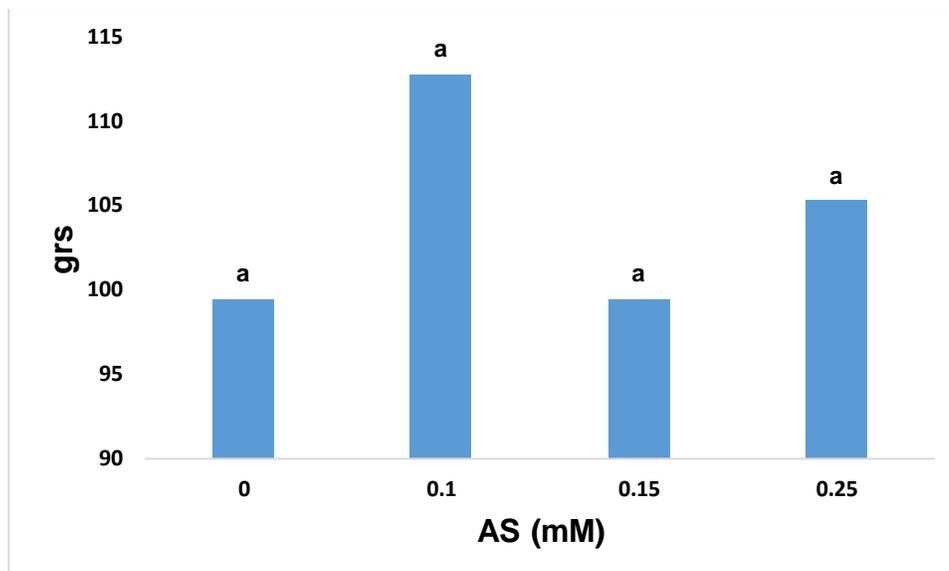


**Figura 2.** Diámetro promedio de tallo de plantas de chile por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (*DMS*,  $P < 0.05$ ).

#### 4.4 Peso fresco de tallo

La aplicación foliar de ácido salicílico no afectó significativamente al peso fresco de tallo (Figura 3); sin embargo la dosis 0.1 mM superó en 27.51 % al tratamiento testigo y en 7.5 % a la dosis más alta lo cual 0.1 mM probablemente es la dosis óptima.

Resultados similares se reportan por (Larramendi *et al.*, 2008) en biomasa de hojas, tallo y raíz, el efecto del ácido salicílico siguió la misma tendencia, observándose incrementos de estos indicadores en las concentraciones de 0.005 y 0.01 mM AS.

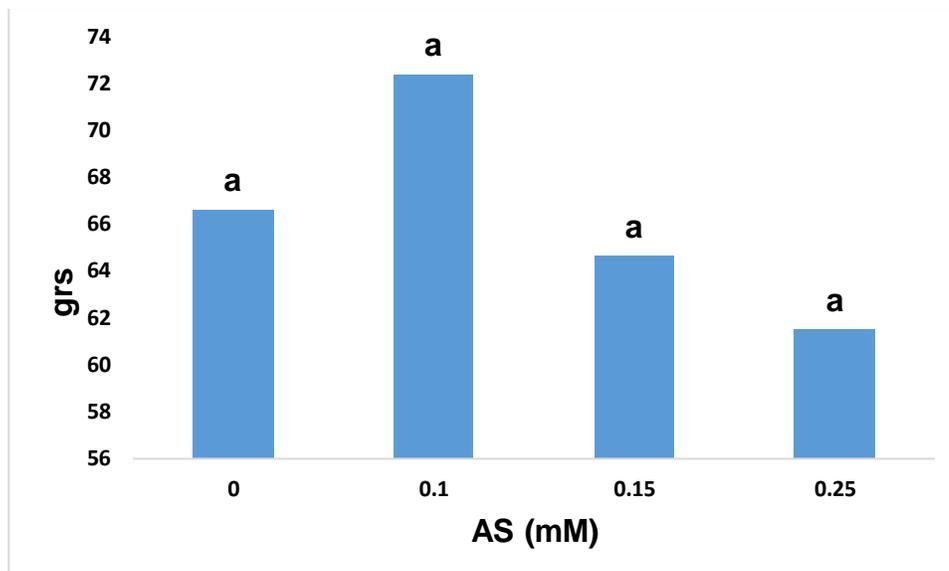


**Figura 3.** Peso fresco de tallo de las plantas de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (*DMS*,  $P < 0.05$ ).

#### 4.5 Peso fresco de hoja

La aplicación foliar de ácido salicílico no afectó significativamente al peso fresco de hoja (Figura 4); sin embargo la dosis 0.1 mM superó en 8.59 % al tratamiento testigo y en 16.34 % a la dosis más alta lo cual 0.1 mM probablemente es la dosis óptima.

(Ramírez *et al.*, 2009). Menciona que aplicaciones de ácido salicílico en chile jalapeño aumentan significativamente la producción de biomasa foliar, en raíz y total, principalmente en las dosis de 0.1 y 0.2 M, aumenta de esta forma el desarrollo de la planta. La cantidad de área foliar está relacionada con la calidad y rendimiento del jalapeño.

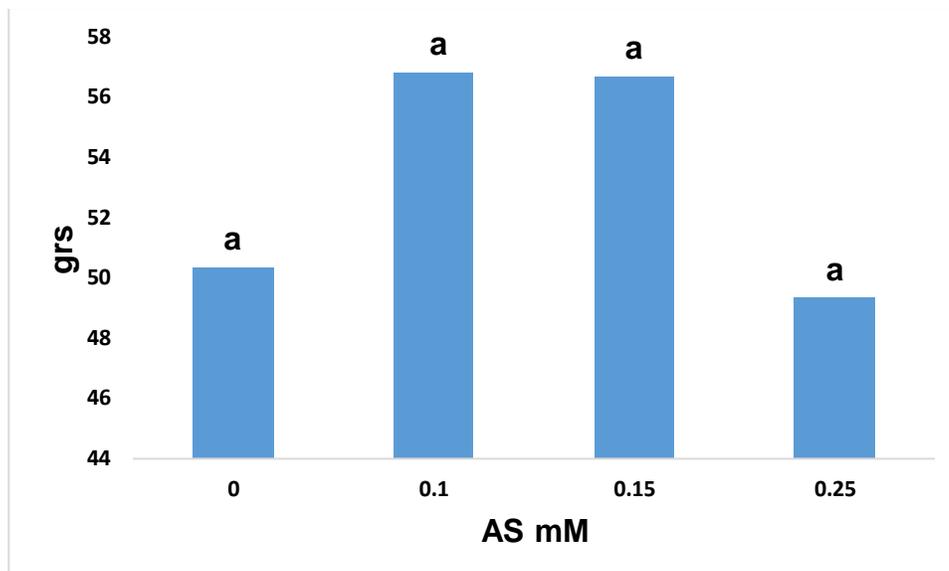


**Figura 4.** Peso fresco de la hoja de las plantas de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (*DMS*,  $P < 0.05$ ).

#### 4.6 Peso fresco de raíz

La aplicación foliar de ácido salicílico no afectó significativamente al peso fresco de raíz (Figura 5); sin embargo la dosis 0.1 mM superó en 12.85 % al tratamiento testigo y en 14.84 % a la dosis más alta lo cual 0.1 mM probablemente es la dosis óptima.

(Prado *et al.*, 2012). Señala que en análisis de la biomasa fresca se observa que el efecto del ácido salicílico provocó incrementos significativos en la biomasa fresca de la raíz. La aplicación de ácido salicílico vía foliar sí interviene en el volumen de la raíz, mejorando de esta forma la absorción de los nutrientes.

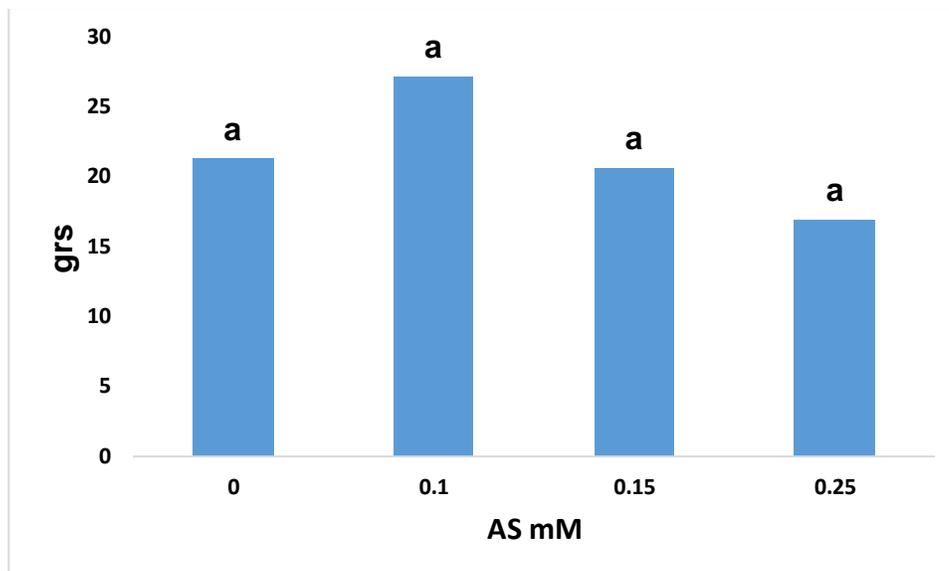


**Figura 5.** Peso fresco promedio de raíz de las plantas de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (*DMS*,  $P < 0.05$ ).

#### 4.7 Peso seco de tallo

La aplicación de ácido salicílico no afectó significativamente al peso fresco de raíz (Figura 6); sin embargo la dosis 0.1 mM superó en 27.51 % al tratamiento testigo y en 47.81 % a la dosis más alta lo cual 0.1 mM probablemente es la dosis óptima.

Resultados similares fueron obtenidos con respecto al peso seco de tallo no se encontró diferencias significativas, esto nos indica que la aplicación de AS en concentraciones mayores no interviene en el crecimiento de la planta. En relación con la biomasa seca del tallo los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación del ácido salicílico con incrementos significativos respecto al control (Prado *et al.*, 2012).

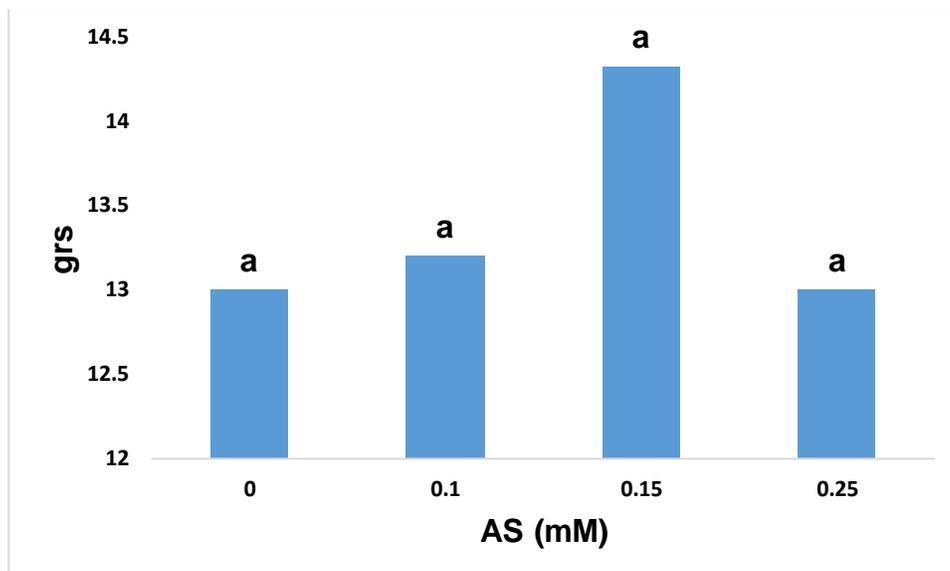


**Figura 6.** Peso seco promedio de tallo de las plantas de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (*DMS*,  $P < 0.05$ ).

#### 4.8 Peso seco de hoja

La aplicación foliar de ácido salicílico no afectó significativamente al peso seco de hoja (Figura 7); sin embargo la dosis 0.1 mM superó en 10.23 % al tratamiento testigo y en 10.23 % a la dosis más alta lo cual 0.1 mM probablemente es la dosis óptima.

Resultados similares fueron obtenidos por (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010). Mencionan que hay incremento del peso fresco y seco del vástago debido al AS (1.0 mM) fue de hasta del 33.8% en comparación con el control.

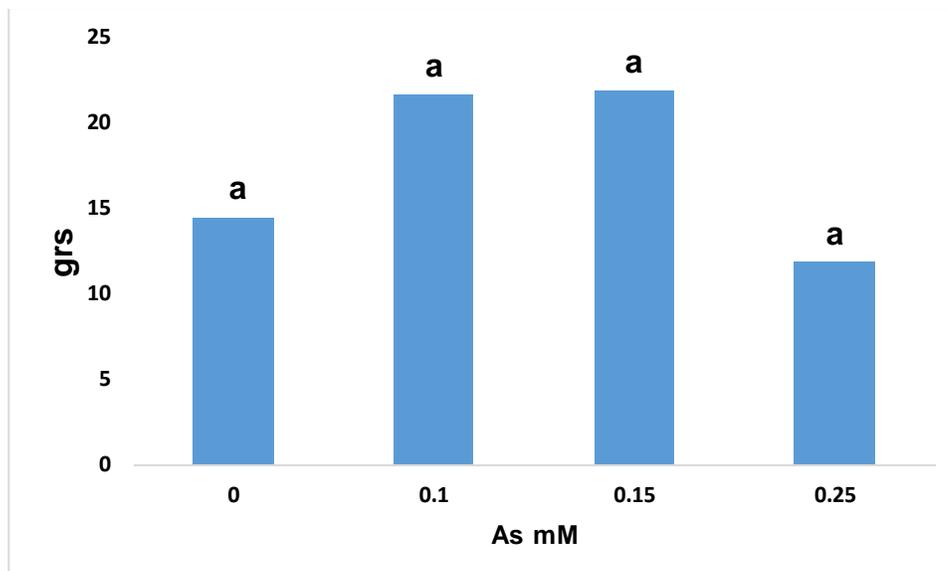


**Figura 7.** Peso seco promedio de tallo de las plantas de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (*DMS*,  $P < 0.05$ ).

#### 4.9 Peso seco de raíz

La aplicación de ácido salicílico no afectó significativamente al peso seco de raíz (Figura 8); sin embargo la dosis 0.1 mM superó en 61.9 % al tratamiento testigo y en 67.43 % a la dosis más alta lo cual 0.1 mM probablemente es la dosis óptima.

Resultados similares fueron obtenidos por (Tucuch Haas *et al.*, 2015). Menciona que hay incrementos de 100 y 57% por encima del control en longitud y peso seco en la raíz en trigo con aspersiones de 0.01 mM de AS bajo condiciones de salinidad.

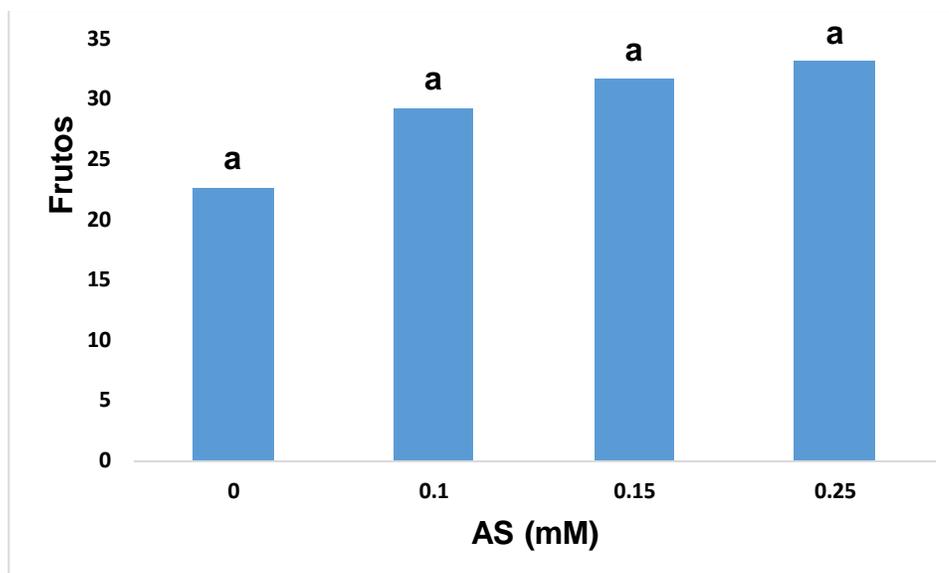


**Figura 8.** Peso seco promedio de raíz de las plantas de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (*DMS*,  $P < 0.05$ ).

#### 4.10 Número de frutos

La aplicación foliar de ácido salicílico no afectó significativamente con respecto al número de fruto (Figura 8); sin embargo la dosis 0.25 mM superó en 46.33 % al tratamiento testigo, lo cual 0.25 mM probablemente es la dosis óptima.

(Pasos, 2004). Resultados similares fueron obtenidos en aplicaciones exógenas de AS en concentraciones de  $10^{-6}$  y  $10^{-8}$  M incrementaron el número de frutos en un 24 y 19 % respectivamente referente al testigo en tomate saladette.



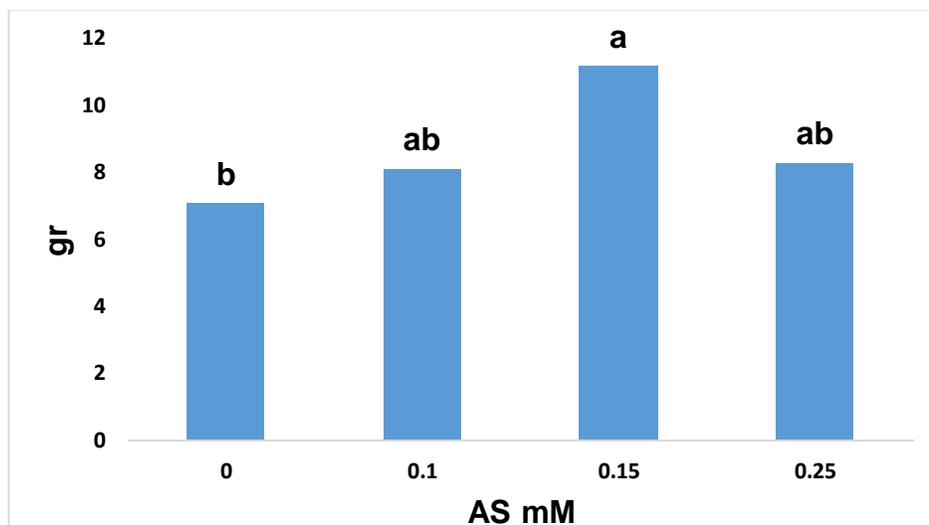
**Figura 9.** Frutos promedio por planta por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (*DMS*,  $P < 0.05$ ).

#### 4.11 Peso de fruto

El ácido salicílico asperjado foliarmente causó diferencias significativas en el peso de frutos (Figura 10), siendo la concentración de 0.15 mM, la que obtuvo el mayor peso, sin diferencias significativas de peso para las concentraciones de 0.1 y 0.25 mM, en cambio el tratamiento testigo mostró el menor peso de fruto.

Los frutos con la concentración 0.15 mM de AS, superó al testigo en 58 %. Este incremento en el peso de fruto por efecto del AS, también fue reportado por (Ramírez *et al.*, 2006), quienes demostraron que la aplicación de AS a concentraciones de  $1 \times 10^{-6}$  M incrementó el rendimiento de chile por planta, así como la concentración de capsaicina. El incremento de peso por la aplicación exógena del AS en los frutos es debido a que en concentraciones bajas el rendimiento fue

umentando; este efecto, puede atribuirse a que el ácido salicílico, resulta tóxico para los vegetales al suministrarse en condiciones alta (López *et al.*, 1998).



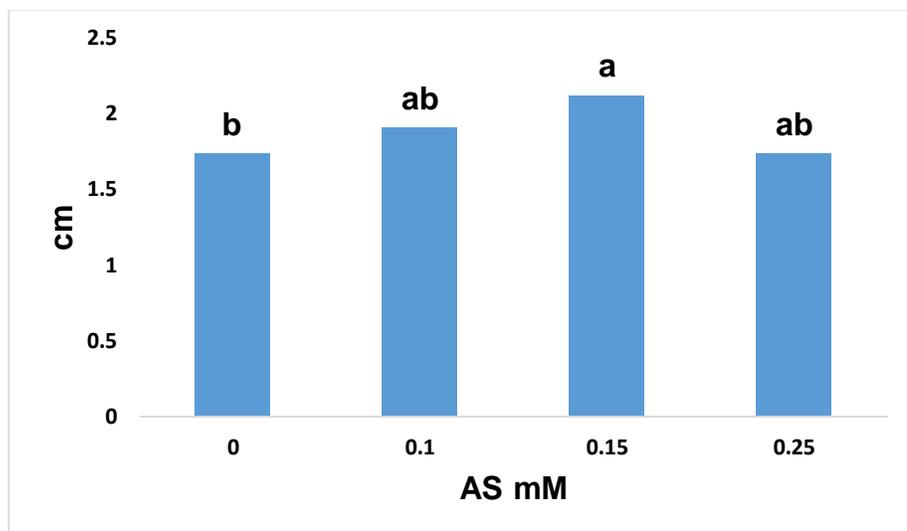
**Figura 10.** Peso promedio del fruto de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (*DMS*,  $P < 0.05$ ).

#### 4.12 Diámetro de fruto

El ácido salicílico asperjado foliarmente causó diferencias significativas en el diámetro de frutos (Figura 11), siendo la concentración de 0.15 mM, la que obtuvo el mayor diámetro, sin diferencias significativas de peso para las concentraciones de 0.1 y 0.25 mM, en cambio el tratamiento testigo mostró el menor peso de fruto.

El diámetro de fruto con la concentración 0.15 mM de AS, superó al testigo en 36 %. Este incremento en el diámetro de fruto por efecto del AS, también fue reportado por (Vázquez Díaz *et al.*, 2016), quienes demostraron dosis altas de AS generan un estrés oxidativo en las plantas, lo que trae como consecuencia una marcada disminución en el número y tamaño de frutos de las plantas. El incremento

de diámetro por la aplicación exógena del AS en concentraciones 0.005, 0.01 y 0.1 mM favorece el desarrollo de frutos, incrementa la productividad (Ramos, 2016).



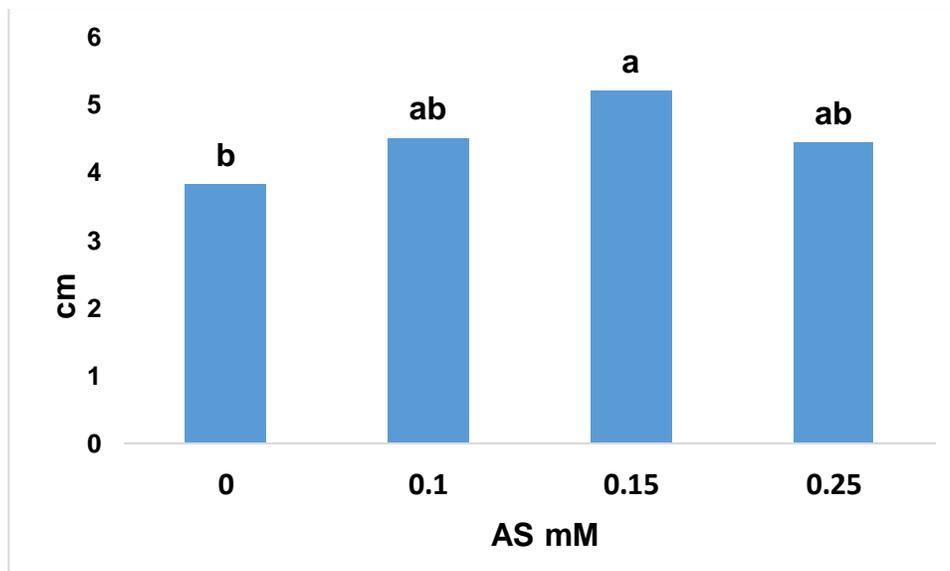
**Figura 11.** Diámetro promedio del fruto de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (*DMS*,  $P < 0.05$ ).

#### 4.13 Longitud del fruto

El ácido salicílico causó diferencias significativas en la longitud de frutos (Figura 12), siendo la concentración de 0.15 mM, la que obtuvo la mayor longitud, sin diferencias significativas en la longitud de fruto para las concentraciones de 0.1 y 0.25 mM, en cambio el tratamiento testigo mostro la menor longitud de fruto.

La longitud de fruto con la concentración 0.15 mM de AS, supero al testigo en 36 %.

Este incremento en la longitud de fruto por efecto del AS, es porque promueve la división celular expresado en un aumento en la longitud del fruto (Ramírez, 2015).



**Figura 12.** Longitud promedio de frutos por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (*DMS, P < 0.05*).

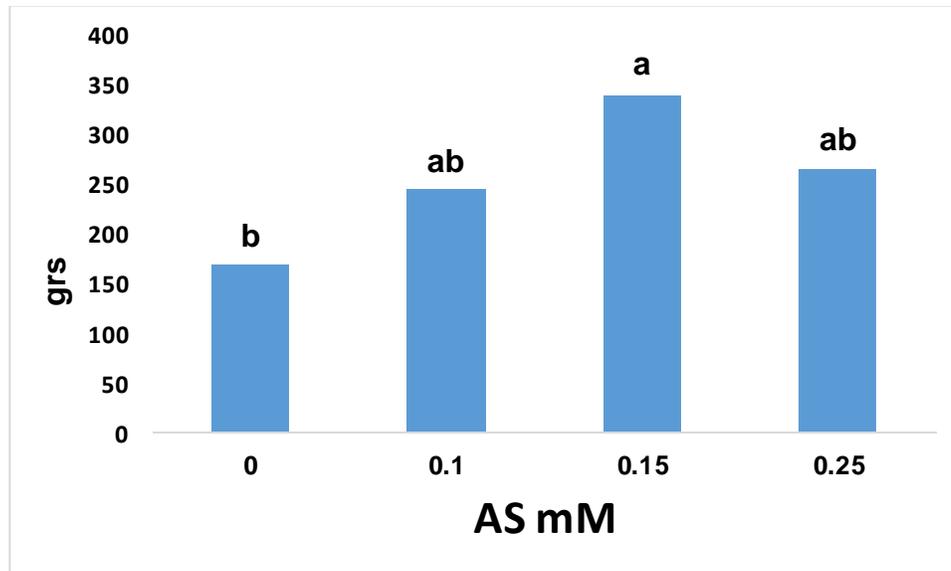
#### 4.14 Rendimiento por planta

El ácido salicílico vía foliar causó diferencias significativas en el rendimiento (Figura 13), siendo la concentración de 0.15 mM, la que obtuvo el mayor rendimiento por planta, sin diferencias significativas en el rendimiento para las concentraciones de 0.1 y 0.25 mM, en cambio el tratamiento testigo mostro el menor rendimiento por plantas.

El rendimiento con la concentración 0.15 mM de AS, supero al testigo en 99.95 %.

Este incremento en el rendimiento por efecto del AS, también fue reportado por (Analco, 2014). Al demostrar que el ácido salicílico aumenta el desarrollo y rendimiento de lechuga a concentraciones de 0.01 mM.

Aplicaciones de AS aumenta el rendimiento en chile jalapeño, así como la calidad del mismo.



**Figura 13.** Rendimiento promedio por planta de chile jalapeño por efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (*DMS*,  $P < 0.05$ ).

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados en el presente estudio permitieron concluir que la aplicación foliar de ácido salicílico produjo un mayor el rendimiento y calidad de los frutos de chile jalapeño.

La concentración de 0.15 mM de ácido salicílico incrementó el peso de frutos por planta en un 58 % y el rendimiento total en un 99.95 %, con respecto al testigo.

La concentración de 0.15 mM de ácido salicílico incrementó el diámetro fruto en un 36 %, la longitud de frutos por planta en un 36 %, con respecto al testigo.

El uso del ácido salicílico en una concentración de 0.15 Mm es una alternativa viable para mejorar sustancialmente el rendimiento y la calidad del cultivo de chile jalapeño desarrollado en hidroponía en invernadero.

## 6. LITERATURA CITADA

- Aguirre, H., Eva y O. Muñoz, Verónica. 2015. El chile como alimento. Ciencia
- Analco, C. K. 2014. Efecto del Ácido Salicílico en el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento de un Cultivo de Frijol Ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) Bajo Condiciones de Invernadero. Tesis de licenciatura, UAAAN, Saltillo, Coahuila, Mexico. p.25.
- Aristeo, C. P. 1998. Reguladores de crecimiento XIV: Efectos del ácido salicílico (AS) y dimetilsulfóxido (DMSO) en el crecimiento de zanahoria, betabel y rábano. Tesis de licenciatura, UNAM, México. p.44.
- Benavides-Mendoza, A., A. M. Salazar-Torres, F. Ramírez-Godina, V. Robledo-Torres, H. Ramírez-Rodríguez y R. Maiti. 2004. Tratamiento de semilla de chile con ácidos salicílico y sulfosalicílico y respuesta de las plántulas al frío. *Terra latinoamericana* 22(1): 41-47.
- Berrios, M., C. Arredondo y H. Tjalling. 2007. Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad. Pimiento. Ediciones Cropkit SQM. Chile.
- Castellón-Martínez, É., J. L. Chávez-Servia, J. C. Carrillo-Rodríguez y A. M. Vera-Guzman. 2012. Preferencias de consumo de chiles (*Capsicum annum* L.) nativos en los valles centrales de Oaxaca, México. *Revista fitotecnia mexicana* 35(SPE5): 27-35.
- Cruz-Crespo, E., A. Can-Chulim, M. Sandoval-Villa, R. Bugarín-Montoya, A. Robles-Bermúdez y P. Juárez-López. 2013. Sustratos en la horticultura. *Revista Bio Ciencias* 2(2).
- Dimas, N. R., P. C. Ríos, U. F. Viramontes, A. P. Gil, E. F. Chávez, V. d. P. Á. Reyna, C. M. Hernández y A. M. Reséndez. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(3): 265-272.
- Favela, C., Esteban, R. P. Preciado y B. M. Adalberto. 2006. Manual para preparar soluciones nutritivas. UAAAN. Págs 145.
- Flores, V. R. 2011. Nutrición en chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) bajo condiciones de sombreadero en la región lagunera. Tesis de licenciatura, UAAAN-UL, Toluca, Mexico, p. 23.
- Fortis-Hernández, M., P. Preciado-Rangel, J. L. García-Hernández, A. Navarro Bravo, J. A. González y S. Omaña, José Miguel 2007. Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(6): 1203-1216.
- García, S., José Ángel y P. Nava, Raymundo Javier 2009. El chile jalapeño: Su cultivo de temporal en Quintana Roo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Chetumal, Quintana Roo, México. Folleto Técnico No. 2. 64p.
- Gilsanz, J. C. 2007. Hidroponía. Programa Nacional de Producción Hortícola.
- Gómez, B. J. G. 2002. Se celebra el 16vo. Congreso Internacional del Chile. Hortalizas Frutas y Flores. 12-15.
- Grijalva, C., Raúl Leonel, D. Macías, Rubén y C. Robles, Fabián. 2011. Comportamiento de híbridos de tomate bola en invernadero bajo condiciones

- desérticas del noroeste de Sonora. *Tropical and subtropical agroecosystems* 14(2): 675-682.
- Gutiérrez-Coronado, M. A., C. Trejo-López y A. Larqué-Saavedra. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry* 36(8): 563-565.
- Gutiérrez, C., Marco Antonio. 1997. Reguladores de crecimiento XIII: Estudio del ácido salicílico en Soya, Algodonero y Tabaco. Tesis de Doctorado, Colegio de Postgraduados. Chapingo México.
- Guzmán-Antonio, A., L. Borges-Gómez, L. Pinzón-López, E. Ruiz-Sánchez y J. Zúñiga-Aguilar. 2012. Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero. *Agronomía mesoamericana* 23(2): 247-257.
- Infoagro. 2016. TIPOS DE SUSTRATOS DE CULTIVO (1ª parte) Kinds of substratums.
- Jensen, M. H. y W. Collins. 1985. Hydroponic vegetable production. *Horticultural Reviews*, Volume 7 483-558.
- Jones, J., J Benton. 2016. Hydroponics: a practical guide for the soilless grower. CRC press. pp.
- Juárez, H., Ma de Jesús, C. Baca, Gustavo A, N. Aceves, Lorenzo A, G. Sánchez, Prometeo, T. Tirado, Juan Luis, C. Sahagún, Jaime y M. T. Colinas de León. 2006. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia* 31(4).
- Lara, H., Alfredo. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra Latinoamericana* 17(3).
- Larqué-Saavedra, A., M.-M. Rodolfo, Á. Nexticapan-Garcéz, S. Vergara-Yoisura y M. Gutiérrez-Rendón. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(3): 183-187.
- Larramendi, L. R., 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(1): 29-34.
- López, T., Rodrigo, R. Camacho, Víctor y C. Gutiérrez, Marco Antonio. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. *Terra Latinoamericana* 16(1).
- Moreno, R., Alejandro, D. Aguilar, Juanita y G. Luévano, Armando. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 15(29).
- Olivera, L. M. 2014. Manual de producción de chile en invernadero.
- Ortega-Martínez, L. D., J. Sánchez-Olarte, J. Ocampo-Mendoza, E. Sandoval-Castro, B. A. Salcido-Ramos y F. Manzo-Ramos. 2010. Efecto de los sustratos en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai* 6(3).
- Padilla-Bernal, L. E., E. Reyes-Rivas y Ó. Pérez-Veyna. 2012. Evaluación de un cluster bajo agricultura protegida en México. *Contaduría y administración* 57(3): 219-237.

Pasos, M., Cristina, Edid. 2004. Reguladores de crecimiento XX: efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la productividad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)/Edid Cristina Matú Pasos. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario N. 2. Conkal, Yucatán.

52pp.

Perez, D., J C. 2017. Nutrición potasica, y su efecto en la calidad de chile pimiento (*Capsicum annum* L. var. *California Wonder*). Tesis de licenciatura, UAAAN-UL, Torreon, Coahuila, Mexico. p.20.

Pérez, G., Mario, M. P. Grajales, M. Sánchez, Fidel y L. Peña, Aureliano Peña. 1998. Mejoramiento genético de hortalizas, Universidad Autónoma Chapingo. MUNDI PRENSA México, S.A de S.V, 118-119.

Prado, W. E., A. Á. Fonseca, E. L. Batista, L. R. Larramendí, G. G. Gómez y R. P. C. González. 2012. Efecto de los ácidos salicílico y benzoico en la lechuga (*Lactuca sativa* L.). Centro Agrícola 39(4): 85-89.

Preciado, R., Pablo, C. Baca, Gustavo A, T. Tirado, J Luis, S. Kohashi, Josué, C. Tijerina, Leonardo y G. Martínez, Angel. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. Terra Latinoamericana 20(3): 267-276.

Ramírez, C. E. 2012. Fertilización orgánica de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) bajo condiciones de invernadero en la comarca lagunera. Tesis de licenciatura, UAAAN-UL. Torreon, Coahuila, Mexico. p.9.

Ramírez, H., O. Méndez-Paredes, A. Benavides-Mendoza y C. Amado-Ramírez. 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.

Ramírez, H., J. Rancaño-Arriola, A. Benavides-Mendoza, R. Mendoza-Villarreal y E. Padrón-Corral. 2006. Influencia de promotores de oxidación controlada en hortalizas y su relación con antioxidantes. Revista Chapingo Serie Horticultura 12(2): 189-195.

Ramírez, Z., Ricardo. 2015. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento y desarrollo de un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var. *fordhook*). Tesis de Licenciatura, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila, Mexico. 20p.

Ramos, C., Efrén Venancio. 2016. Caracterización de los efectos de la aplicación del inductor de resistencia ácido salicílico (AS) sobre la expresión de síntomas causados por el patógeno *Mycosphaerella graminicola* y sobre la formación de la espiga y los componentes de rendimiento de dos cultivares comerciales de trigo, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

Reyes, V. V. M. 2005. Fertirrigación de tres Genotipos de Chile Jalapeño (*Capsicum annum*), establecido en 2 Sustratos Hidropónicos y en suelo bajo Invernadero., UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, p. 23.

Rincón, S. 1997. Características y manejo de sustratos inorgánicos en fertirrigación. I Congreso Ibérico y III Nacional de fertirrigación. Murcia, España.

Rivera, L., J C. 2013. Efecto de la concentración de endovit sobre caracteres agronómicos en chile jalapeño (*Capsicum annum* L.). Tesis de licenciatura, UAAAN, Saltillo, Coahula, Mexico, p.24.

Rivera, L., Juan Carlos. 2015. Efecto de la concentración de ENDOVIT sobre caracteres agronómicos en chile jalapeño (*Capsicum annum* L.). Tesis de

- licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro., Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 2p.
- Rucks, L., F. García, A. Kaplán, J. Ponce de León y M. Hill. 2004. Propiedades físicas del suelo. Universidad de la República: Facultad de agronomía. Montevideo, Uruguay.
- Ruiz, O., Manuel, R. Nieto, Daniel y R. Larios, Ignacio. 1983. Tratado elemental de botánica. Editorial E.C.L.A.L.S.A. XV edición, México D.F 113-186.
- Sagarpa. 2016. Hidroponia rustica.
- Sánchez-Chávez, E., R. Barrera-Tovar, E. Muñoz-Márquez, D. L. Ojeda-Barrios y Á. Anchondo-Nájera. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. Revista Chapingo. Serie horticultura 17(SPE. 1): 63-68.
- Sánchez, C., Esteban, T. Barrera, Ricardo, M. Muñoz, Ezequiel, B. Ojeda, Damaris Leopoldina y N. Anchondo, Álvaro. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. Revista Chapingo. Serie horticultura 17(SPE1): 63-68.
- Sánchez, G. R., E. C. Mercado, H. R. de la Cruz y E. G. Pineda. 2013. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 12(2): 90-95.
- Santos, B., H. Obregón-Olivas y T. Salamé-Donoso. 2010. Producción de hortalizas en ambientes protegidos: estructuras para la agricultura protegida. Publicación HS1182. IFAS Extension, UF Department of Horticultural Sciences, University of Florida, Gainesville, FL.
- Steiner, A. 1973. selective compacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. In: International Congress on Soilless Culture, 3d, Sassari, 1973. Proceedings
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant and Soil 15(2): 134-154.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: 6. International Congress on Soilless Culture, Lunteren (Netherlands), 29 Apr-5 May 1984. p 633-650.
- Trinidad, A. S. 2005. Germinación de semillas de Chile *Capsicum frutescens* L. utilizando Nitrato de Potasio (KNO<sub>3</sub>) al 0.2%, bajo condiciones de laboratorio. Tesis de licenciatura., UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, p. 25.
- Tucuch Haas, C. J., G. Alcántar González y A. Larqué Saavedra. 2015. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de la raíz y biomasa total de plántulas de trigo. Terra Latinoamericana 33(1): 63-68.
- Valadez, L. A. 1994. Producción de hortalizas. Ed. Limusa. Grupo Noriega.
- Editores 1ª Edición México D. F. . Editores 1ª Edición México D. F. .
- Valentín-Miguel, M. C., R. Castro-Brindis, J. E. Rodríguez-Pérez y M. Pérez-Grajales. 2013. Extracción de macronutrimientos en chile de agua (*Capsicum annum* L.). Revista Chapingo. Serie horticultura 19(4): 71-78.
- Vázquez Díaz, D. A., L. Salas Pérez, P. Preciado Rangel, M. Á. Segura Castruita, J. A. González Fuentes y J. R. Valenzuela-García. 2016. Efecto del ácido salicílico en la producción y calidad nutracéutica de frutos de tomate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (17): 3405-3414.

- Velázquez, M. y M. Ordorica. 2013. Ácidos, bases, ph y soluciones reguladoras. México DF: México.
- Villegas-Torres, O., P. Sánchez-García, G. Baca-Castillo, M. Rodríguez-Mendoza, C. Trejo, M. Sandoval-Villa y E. Cárdenas-Soriano. 2005. Crecimiento y estado nutrimental de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico. Terra Latinoamericana 23(1): 49-56.