



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

**MAESTRÍA INTERINSTITUCIONAL EN
AGRICULTURA PROTEGIDA**



**APLICACIÓN DE ÁCIDO SALICÍLICO Y MIEL EN EL CRECIMIENTO
Y RENDIMIENTO DE TOMATE *Solanum lycopersicum* EN MALLA
SOMBRA**

TESIS

QUE PRESENTA

ING. ULISES SORIANO SÁNCHEZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN AGRICULTURA PROTEGIDA

DIRECTOR DE TESIS

DR. PATRICIO APÁEZ BARRIOS

CODIRECTOR DE TESIS

DR. NOÉ ARMANDO ÁVILA RAMÍREZ

APATZINGÁN, MICHOACÁN, MÉXICO, ENERO DEL 2024

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA INTERINSTITUCIONAL EN AGRICULTURA PROTEGIDA

**APLICACIÓN DE ÁCIDO SALICÍLICO Y MIEL EN EL CRECIMIENTO Y
RENDIMIENTO DE TOMATE *Solanum lycopersicum* EN MALLA SOMBRA**

TESIS QUE PRESENTA

ULISES SORIANO SÁNCHEZ

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada
como requisito parcial, para obtener el grado de:

MAESTRO EN AGRICULTURA PROTEGIDA
COMITÉ PARTICULAR

Director

 Dr. Patricio Apéez Barrios

Codirector

 Dr. Noé Armando Ávila Ramírez

Vocal 1

 Dra. Maricela Apéez Barrios

Vocal 2

 Dr. Abimael López López

Vocal 3

 Dr. José Luis Escamilla García

Apatzingán, Michoacán, México, Noviembre de 2023

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por darme sabiduría y paciencia para llegar a este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A la **Facultad de Ciencias Agropecuarias** por permitirme lograr dar un paso más hacia el éxito y formarme profesionalmente en este grado académico, a sus docentes por darme una formación profesional competitiva, llena de conocimientos y expectativas.

A mi director de tesis **Dr. Patricio Apáez Barrios** por el apoyo incondicional que me brindo en esta etapa de mi vida, así como a mis asesores el **Dr. Noé Armando Ávila Ramírez, Dra. Maricela Apáez Barrios, Dr. Abimael López López y el Dr. José Luis Escamilla García**, muchísimas gracias por todo.

Al Dr. **José Mario Miranda Ramírez** por su apoyo que me brindo en esta investigación.

DEDICATORIA

A mis padres

Quienes me han dado todo el apoyo, gracias por sus consejos y dedicación, por sus palabras de aliento que me han impulsado a crecer como persona y a luchar por lo que quiero. Gracias por enseñarme los valores que me han llevado a alcanzar esta gran meta, los quiero mucho.

A mis compañeros

María de Jesús Avalos Moreno, Juan Martin Olivares Rodríguez, Melchor Pineda Garibo.

En especial para **Diana Miranda Medina** quien fue un gran apoyo en esta etapa de mi vida, por eso mismo quiero darte las gracias por el gran esfuerzo que hiciste en apoyarme cuando más lo necesitaba, la ayuda que me has brindado ha sido sumamente importante, gracias por motivarme y guiarme por el buen camino.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISION DE LITERATURA	4
Generalidades del tomate.....	4
Origen del tomate.....	4
Clasificación taxonómica del tomate.....	5
Importancia del cultivo del tomate.....	5
Valor nutrimental del tomate.....	6
La horticultura protegida en México.....	8
Producción del tomate en agricultura protegida.....	9
Factores ambientales y culturales que afectan la productividad.....	9
Radiación.....	9
Desordenes fisiológicos en tomate influenciados por la radiación solar.....	10
Temperatura.....	11
Humedad relativa.....	11
Uso del ácido salicílico en las plantas.....	12
Efectos fisiológicos del ácido salicílico sobre las plantas.....	15
Inducción de la floración.....	16
Inducción de la resistencia sistemática a patógenos.....	16
Incremento de la termogénesis.....	17
Retraso en la senescencia de hojas y pétalos.....	17

Inducción de la respuesta de la planta ante el estrés abiótico.....	17
Valor nutricional de la miel.....	18
Uso de miel de abeja en las plantas.....	19
MATERIALES Y MÉTODOS	22
Descripción del área de estudio	22
Metodología.....	22
Genotipo experimental.....	22
Establecimiento del experimento.....	23
Preparación del terreno	23
Descompactación del suelo.....	23
Colocación de cintilla.....	24
Acolchado.....	24
Trasplante.....	25
Riego.....	27
Fertilización.....	27
Control de plagas y enfermedades.....	28
Tratamientos evaluados.....	29
Diseño experimental.....	33
Variables de respuesta.....	34
Variables morfológicas.....	34
Variables de rendimiento y componentes de rendimiento.....	36
Biomasa total.....	38
Análisis estadísticos.....	39
RESULTADOS Y DISCUSIONES	40
Variables morfológicas.....	40
Altura planta.....	40
Número de hojas.....	43
Diámetro de tallo.....	45
Variables de rendimiento y componentes de rendimiento.....	46
Rendimiento.....	46
Número de frutos.....	48

Diámetro polar.....	51
Diámetro ecuatorial.....	52
Peso promedio fruto.....	53
Variables de materia seca.....	53
Peso de la materia seca.....	53
CONCLUSIONES.....	56
LITERATURA CITADA.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
1	Composición nutritiva del tomate por 100 g de producto comestible.....	7
2	Composición nutritiva de la miel por 100 g de producto.....	18
3	Fórmula de la solución Steiner.....	27
4	Solución Steiner para tomate roma de acuerdo a cada etapa fenológica.....	28
5	Fertilizantes comerciales utilizados para la solución nutritiva.....	28
6	Análisis de la miel utilizada para las aplicaciones.....	31
7	Aplicación de tratamientos.....	33
8	Efecto de los tratamientos sobre las variables morfológicas Tukey ($p \leq 0.05$) a los 45 ddt.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.		Pág.
1	Porcentajes de la composición de la miel.....	20
2	Mapa de la localización de experimento.....	22
3	Descompactación del suelo.....	23
4	Colocación de cintilla.....	24
5	Camas con el acolchado instalado.....	25
6	Plántula de tomate a los 35 días.....	25
7	Trasplante manual de las plántulas de tomate.....	26
8	Plántula trasplantada.....	26
9	Tanques de sistema de riego.....	27
10	Miel de abeja utilizada para la aplicación de los tratamientos.....	30
11	Ácido salicílico utilizado para la aplicación de los tratamientos.....	30
12	Combinaciones de los tratamientos utilizados.....	31
13	Aplicación de los tratamientos con atomizador a los 20 ddt.....	32
14	Aplicación de los tratamientos con bomba de mochila a los 40 ddt.....	32
15	Distribución de los tratamientos dentro de la casa malla sombra.....	33
16	Medición de la altura planta.....	34
17	Medición del diámetro de tallo.....	35
18	Conteo visual del número de hojas.....	35
19	Peso promedio de frutos.....	36
20	Medición del diámetro polar.....	37
21	Peso de la materia seca.....	38
22	Peso de la materia seca por órganos.....	39
23	Comparación de las medias de los tratamientos en altura planta.....	41
24	Comparación de las medias de los tratamientos en número de hojas...	44
25	Comparación de las medias de los tratamientos en diámetro de tallo....	45
26	Comparación de las medias de los tratamientos en el rendimiento de fruto por planta.....	46

27	Comparación de las medias de los tratamientos en número de frutos por planta.....	49
28	Comparación de las medias de los tratamientos en diámetro polar.....	51
29	Comparación de las medias de los tratamientos en diámetro ecuatorial.	52
30	Comparación de las medias de los tratamientos en peso promedio de fruto.....	53
31	Comparación de las medias de los tratamientos en peso seco.....	54

RESUMEN

El ácido salicílico es un regulador de crecimiento de las plantas que puede favorecer el incremento de la producción de los cultivos hortícolas. Así mismo, se ha encontrado efecto positivo de la aplicación de miel de abeja sobre el crecimiento, desarrollo y vigor de las plantas. El objetivo fue evaluar la aplicación foliar del ácido salicílico y miel en la producción de tomate bajo condiciones de malla sombra. El cultivo se estableció en Apatzingán, Michoacán bajo condiciones de malla sombra. La variedad de tomate fue PRIMUS LF de crecimiento determinado. Los tratamientos consistieron en la aplicación de ácido salicílico (AS) y miel, solos y combinados, en dos (A2), cuatro (A4) y seis (A6) aplicaciones. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los resultados indican que con la aplicación de AS-A2 las plantas registraron las mayores alturas (94 cm) y más hojas por planta (41.62). En el caso del diámetro de tallo, fue con AS-M-A4 que se logró el valor más elevado (10.67 mm). Las plantas más productivas en rendimiento de frutos fueron las tratadas con M-A4 (3639.3 g) y con M-A2 (2762.3 g). La Miel a 4 aplicaciones incremento en 26.4 % el número de frutos, mientras que en la variable de diámetro polar y ecuatorial no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, con el tratamiento AS-A4 se presentó el mayor peso de hoja seca. La aplicación de miel mostró ser una buena opción para incrementar el rendimiento y el número de frutos en el cultivo.

Palabras clave: materia seca, producción de fruto, número de frutos, suministro foliar.

ABSTRACT

Salicylic acid is a plant growth regulator that can promote increased production of horticultural crops. In addition, the effect of the application of honey on the growth, development and vigor of the plants has been found. The objective was to evaluate the foliar application of salicylic acid and honey on the growth and yield of tomato grown under shade mesh conditions. The crop was established in Apatzingán, Michoacán under shade mesh conditions. The tomato variety was PRIMUS LF with determined growth. The treatments consisted of the application of salicylic acid (SA) and honey, alone and in combination, in two (A2), four (A4) and six (A6) applications. The applications of the treatments began 10 days after the transplant at application intervals of 10 days, until reaching day 60. The experimental design was a complete randomized block design with four replications. The results indicate that with the application of AS-A2, the plants registered the highest heights (94 cm) and more leaves per plant (41.62). In the case of stem diameter, it was with AS-M-A4 that the highest value was forced (10.67 mm). The most productive plants in fruit yield were those treated with M-A4 (3639.3 g) and with M-A2 (2762.3 g). Honey at 4 applications increased a 26.4% more number of fruits, while in the diameter variable polar and equatorial, no statistically significant differences were obtained, the AS-A4 the highest weight of dry leaf was presented. The application of honey proved to be a good option to increase the yield and the number of fruits in the crop.

Key words: dry matter, fruit production, number of fruits, foliar contribution.

INTRODUCCIÓN

En México, el tomate se cultiva en grandes extensiones principalmente en los estados de Sinaloa, San Luis Potosí, Michoacán, Jalisco y Zacatecas. Anualmente se siembran más de 47 mil hectáreas que producen 3.4 millones de t de fruto, con un rendimiento promedio de 74.4 t ha⁻¹ (SIAP, 2020).

El consumo nacional per cápita es de 13.4 kg, por lo que se producen excedentes por 1.65 millones de t que se exportan; volúmenes que equivalen a 1,883 millones de dólares. Los principales mercados de exportación son: Estados Unidos, Canadá, Japón, Costa Rica, Cuba, Emiratos Árabes Unidos y Francia (SIAP, 2020).

Uno de los aspectos más determinantes para lograr rendimientos apropiados es el manejo adecuado de la nutrición de los cultivos, que, en combinación con otros factores, fomenta el incremento en el rendimiento y la calidad de las cosechas. Sin embargo, ante el aumento del precio de los fertilizantes y su utilización excesiva que contribuye con la contaminación del ambiente (Rahman y Zhang, 2018), es necesario hacer un uso cada vez más racional de los nutrimentos (Salisbury y Ross, 1994), así como buscar alternativas que favorezcan o complementen la nutrición de las plantas con un enfoque de sustentabilidad y sostenibilidad.

Al respecto, los fitorreguladores son compuestos capaces de aumentar el desarrollo de las plantas, acelerar el crecimiento y la división celular, así como incrementar la producción de biomasa y el rendimiento agrícola. El ácido salicílico además de favorecer el crecimiento vegetal está involucrado en diversos procesos fisiológicos tales como: termogénesis, resistencia a patógenos, inducción a la floración, el crecimiento de raíces y la absorción de nutrimentos (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Hayat *et al.*, 2010).

El ácido salicílico es un regulador de crecimiento de las plantas, se ha reportado que incrementa la productividad de cultivos hortícolas como pepino (*Cucumis sativus* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) y chile habanero (*C. chinense* Jacq) (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Hayat *et al.*, 2010).

Por otra parte, también se ha encontrado efecto positivo de la aplicación de miel de abeja sobre algunas variables del crecimiento, desarrollo y vigor de las plantas, reflejado en el incremento de la altura, el diámetro del tallo, el área foliar y la estimulación de la formación del xilema secundario en menor tiempo (Villegas *et al.*, 2001).

Villegas *et al.* (2001), señalan que la aplicación de miel de abeja al follaje favorece el depósito de aproximadamente 33 % de glucosa, misma que al difundir y penetrar en la hoja aumenta el nivel de energía para la absorción activa, favoreciendo la incorporación de nutrimentos, lo que incrementa el vigor de las plantas (Sosa y Weihs, 1973). Se ha probado la aplicación de miel de abeja foliar a plántulas de tomate, encontrando que se incrementa la altura, el diámetro de tallo y el área foliar hasta en 100 % en plantas que crecieron en tezontle y fueron asperjadas con miel al 2 % (Villegas *et al.*, 2001). En girasol ornamental (*Helianthus annuus* L.) la aplicación de miel al 2 %, incrementó la altura de planta en 38 %, y la longitud del tallo y raíz en más de 37 %; también aumentó el área foliar en 75 %, debido a un mayor número de hojas (Betancourt-Olvera *et al.*, 2005).

En tomate bajo condiciones de malla sombra son escasos los estudios de la aplicación de miel y AS sobre el crecimiento y rendimiento de frutos.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la aplicación foliar del ácido salicílico y miel en el crecimiento y rendimiento de tomate cultivado bajo condiciones de malla sombra.

Objetivos específicos

- Determinar el número de aplicaciones más apropiado de AS y miel para una mejor respuesta productiva del tomate.
- Conocer el efecto combinado de la aplicación de AS y miel en el crecimiento y la producción de tomate.

Hipótesis

Las aplicaciones de ácido salicílico y miel favorecen el crecimiento y la producción de tomate bajo condiciones de malla sombra.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del tomate

El tomate es la hortaliza a la que se le destina la mayor superficie de cultivo y la que representa el mayor valor de la producción. Es una planta arbustiva e indeterminada que puede tener ciclos de vida superiores a un año, aunque se cultiva como anual. Para invernadero se utilizan las variedades de crecimiento indeterminado, pues permiten tener producción durante periodos largos si se manejan de forma adecuada. El manejo del cultivo es la clave para obtener rendimientos altos y buena calidad del fruto (Muñoz, 2009).

El tomate pertenece a la familia Solanaceae, es una planta dicotiledónea (Cestoni *et al.*, 2006) y herbácea perenne, que se cultiva en forma anual para el consumo de sus frutos (Semillaria, 2015).

Origen del tomate

El tomate es una planta nativa de América tropical, cuyo origen se localiza en la región de los Andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú), que es donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres (Valadez, 1993).

En México, el tomate es una de las principales hortalizas de exportación que se cultiva en grandes extensiones de los estados del Noroeste y Occidente, contradictoriamente, los estados de mayor producción y exportación de tomate no se encuentra la mayor diversidad genética del cultivo, la que se concentra en el Centro y el Sureste (Chávez-Servia *et al.*, 2011).

Clasificación taxonómica del tomate

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Solaneae

Género: *Lycopersicum*

Especie: *esculentum*

Nuez (1995)

Importancia del cultivo del tomate

Castellanos (2009), menciona que, considerando la superficie dedicada a su cultivo y el valor de su producción, el tomate es la hortaliza número uno en el mundo. Así mismo, es la hortaliza más consumida a nivel mundial (Valenzuela-López *et al.*, 2014), debido a que produce frutos que se caracterizan por su alto contenido de agua, gran cantidad de carotenoides y bajo nivel calórico (Tzortzakis y Economakis, 2008; Ruiz *et al.*, 2012). Además, es de los frutos que contienen de las mayores cantidades de vitaminas y minerales (Ruiz *et al.*, 2012). En México, el tomate es una de las principales hortalizas producidas que se cultiva principalmente en grandes extensiones de los estados del Noroeste y Occidente, con rendimientos promedio superiores a las 70 t ha⁻¹. Anualmente se siembran más de 45 mil ha y se producen 3.37 millones de t de fruto (SIAP, 2020). Es una de las hortalizas que generan más divisas para el país, ya que cerca del 49 % de la producción nacional se exporta, principalmente a los Estados Unidos de Norte América (EE.UU.), por lo que su

cultivo depende significativamente del comportamiento del mercado internacional (Hernández-Martínez *et al.*, 2004; SIAP, 2021).

Valor nutrimental del tomate

El tomate es un alimento poco energético, dos tomates medianos aportan sólo 22 calorías (Cuadro 1). Aproximadamente 95 % de su peso es agua y cerca de un 4 % son hidratos de carbono (PROFECO, 2020).

Se le considera una fruta-hortaliza, ya que contiene mayor cantidad de azúcares simples que otras verduras, lo que le confiere un ligero sabor dulce. También es fuente importante de ciertas sales minerales como potasio y magnesio, principalmente (PROFECO, 2020).

De su contenido en vitaminas destacan la B₁, B₂, B₅, vitamina C y carotenoides como el licopeno (pigmento que da el color rojo característico al tomate). Estas dos últimas sustancias actúan como antioxidantes con función protectora del organismo. Durante los meses de verano, el tomate es una de las fuentes principales de vitamina C (PROFECO, 2020).

Cuadro 1. Composición nutritiva del tomate por 100 g de producto comestible

	Maduro fresco	jugo natural
Agua	93.76 g	93.9 g
Energía	21 Kcal	17 Kcal
Grasa	0.33 g	0.06 g
Proteína	0.85 g	0.76
Carbohidratos	4.64 g	4.23
Fibra	1.1 g	0.4 g
Potasio	223 mg	220 mg
Fosforo	24 mg	19 mg
Magnesio	11 mg	11 mg
Calcio	5 mg	9 mg
Vitamina C	19 mg	18.3 mg
Vitamina A	623 IU	556 IU
Vitamina E	0.38 mg	0.91 mg
Niacina	0.628 mg	067 mg

FAO (2010).

La horticultura protegida en México

La agricultura protegida inició con invernaderos en los años 60's en Europa, como una tecnología adaptada para tener productos alimenticios frescos, en lugares donde las condiciones ambientales lo impedían. Sin embargo, ha evolucionado y multiplicado frente a la agricultura convencional, incluso en lugares donde es posible producir a campo abierto. Este concepto representa una mejor respuesta a las demandas y necesidades de los consumidores de productos de calidad, sanos, inocuos, nutritivos y disponibles en todas las estaciones del año. Para principios de la década de los 80 empezó a tomar impulso en América, sobre todo en Canadá y algunas regiones de Estados Unidos (Alvarado *et al.*, 2014).

De acuerdo con Castellanos (2009), la horticultura protegida se define como el sistema de producción que permite modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos hortícolas, con el propósito de alcanzar un crecimiento óptimo y con ello, un alto rendimiento. Este sistema permite ofrecer productos de alta calidad, con mejores precios de venta y con mayores niveles de inocuidad. La horticultura protegida contribuye a sustentar y fomentar el desarrollo agroindustrial, a generar divisas y empleo para el país y una vida más digna entre la gente del medio rural (Sánchez, 2008).

México se está acercando rápidamente a la superficie que tiene la provincia de España más importante en horticultura protegida, que es Almería. En México a diferencia de España, existe una gran diversidad de regiones dispersas en el territorio nacional con diferentes climas, altitudes y condiciones meteorológicas contrastantes, en las que se podría producir bajo condiciones protegidas. También hay diferentes desarrollos de infraestructura, distancia a frontera, facilidades de mano de obra, apoyos gubernamentales y disponibilidad de gas natural (más económico que el gas propano). Si se aprovechan adecuadamente estas condiciones, se pueden lograr grandes avances en la horticultura protegida. Los dos ciclos que se manejan en México son el de invierno y el de verano (Castellanos, 2009).

Producción del tomate en agricultura protegida.

Datos estadísticos muestran que aproximadamente el 70 % de los cultivos que se producen bajo condiciones protegidas corresponde al tomate. Por esto es importante realizar un manejo eficiente en la agricultura intensiva para lo que se requieren conocer los factores que condicionan el potencial de producción de los cultivos (Juárez-Maldonado *et al.*, 2015).

Factores ambientales y culturales que afectan la productividad

La productividad del cultivo de tomate en cierto grado suele estar limitada por la luz, la temperatura, la nutrición y el abastecimiento de agua (Castellanos, 2009). La producción de cultivos en casa sombra ha mostrado gran auge en el noroeste del país (Sinaloa, Sonora, Baja California y más recientemente en Coahuila y San Luis Potosí), su ventaja fundamental es la reducción de temperatura. Estas estructuras funcionan como barrera física para los insectos y mejoran el ambiente en zonas con alta irradiación, alta temperatura y baja humedad relativa (Castellanos, 2009).

Radiación

La calidad de la luz y el fotoperiodo no son tan importantes para el crecimiento del tomate como la radiación integral diaria. Tratar de superar las limitaciones de luz a escala comercial utilizando luz artificial, rara vez se justifica económicamente. Generalmente es más recomendable maximizar la iluminación natural poniendo especial atención en el material y limpieza de la cubierta de los invernaderos; además de un diseño cuidadoso y una óptima orientación del invernadero y del cultivo dentro de este. Se estima que para que el cultivo de tomate produzca con mínimas restricciones fotosintéticas, debe ocurrir una radiación incidente fuera del invernadero del orden de 14 a 16 MJ m⁻² por día (Castellanos, 2009)

De acuerdo con INTAGRI (2019), el manejo de la radiación solar es muy diverso y depende principalmente de la cantidad y calidad de radiación solar que se presenta en la zona de producción. México presenta mejores condiciones en cuanto a radiación solar para un desarrollo óptimo de las plantas, por lo que no es necesario ejecutar prácticas que ayuden a incrementar la cantidad de luz. La radiación es la fuente más importante de energía y tiene relación prácticamente con todos los procesos fisiológicos de la planta.

Desórdenes fisiológicos en tomate influenciados por la radiación solar

Los desórdenes fisiológicos, también llamadas enfermedades abióticas, son una serie de anomalías en diferentes estructuras de la planta, generalmente debidas a condiciones climáticas adversas entre las que se encuentra una baja o alta radiación solar interaccionando con otros factores. A continuación, se presentan algunos desórdenes fisiológicos del tomate asociados a la radiación solar (INTAGRI, 2019):

- I. Grietas en frutos. Son provocadas por alta radiación solar y alta temperatura, riego irregular, fluctuaciones de la humedad del suelo y una alta humedad del aire, que se incrementa si se realizó una poda fuerte de hojas y bajos niveles de K, Ca y Mg.
- II. Maduración manchada (payaseado). Es favorecido por bajas temperaturas en el invernadero, baja radiación solar, alta nubosidad y humedad relativa.
- III. Hoja enrollada. Se presenta cuando la planta es sometida a condiciones extremas de altas o bajas temperaturas y radiación directa del sol sobre la planta.
- IV. Frutos huecos. Son ocasionados por el excesivo uso de N, la baja radiación solar y el empleo de variedades sensibles a este desorden.

V. Golpe de sol. Se produce por una exposición directa del fruto a los rayos del sol, lo cual genera un área blanca brillante y correosa, generalmente se presenta cuando se realizan podas fuertes de hojas.

Temperatura

La temperatura es un factor importante en el desarrollo del cultivo de tomate, por lo que se debe procurar proporcionarle el rango más favorable para su crecimiento. Los rangos más apropiados oscilan entre 22 a 26 °C durante el día y de 13 a 16 °C por la noche (Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2020).

Las temperaturas por debajo de 8 °C y por encima de 30 °C, alteran el desarrollo del tomate y suelen provocar una deficiente fructificación. A 0 °C por varios minutos se hielan las plantas. Altas temperaturas, por encima de los 30 °C durante varios periodos agobian a las plantas y ocasionan desórdenes fisiológicos en el fruto (Castellanos, 2009).

Humedad relativa

La humedad relativa (HR) óptima, que se ubica entre 60 % y 80 %, favorece el desarrollo normal de la polinización y garantiza una buena producción. El exceso o déficit de HR produce desórdenes fisiológicos y favorece la presencia de enfermedades. Una humedad relativa superior al 80 % favorece la permanencia de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificulta la fecundación, ya que el polen se humedece y hay aborto floral. Una alta humedad relativa y una baja iluminación reducen la viabilidad del polen y pueden limitar la evapotranspiración, disminuye la absorción del agua y los nutrientes, genera déficit de elementos como el calcio e induce desórdenes fisiológicos. Una humedad relativa menor al 60 % dificulta la polinización (Infoagro Systems, 2016).

Uso de ácido salicílico en las plantas

De acuerdo con Sánchez-Chávez *et al.* (2011), el ácido salicílico (AS) forma parte de un amplio grupo de compuestos sintetizados en plantas denominados fenólicos, los cuales poseen en su estructura química un grupo hidroxilo unido a un anillo aromático. Los compuestos fenólicos participan en muchas funciones metabólicas en plantas, como son: la síntesis de lignina, en la actividad alelopática, y en algunos casos, en la biosíntesis de compuestos relacionados a la defensa como las fitoalexinas.

El AS participa en procesos como la germinación de semillas, en el crecimiento celular, la respiración, el cierre de estomas, la expresión de genes asociados a senescencia, en la respuesta a estrés abiótico y de forma esencial en la termogénesis, así como en la resistencia a enfermedades (Raskin, 1992; Métraux y Raskin, 1993; Humphreys y Chapple, 2002; Vlot *et al.*, 2009). Adicionalmente, se ha descrito que en algunos casos el efecto del AS dentro del metabolismo de las plantas puede ser de forma indirecta, ya que altera la síntesis y/o señalización de otras hormonas que incluyen la vía del ácido jasmónico (AJ), etileno (ET) y auxinas (Lorenzo y Solano, 2005; Broekaert *et al.*, 2006; Loake y Grant 2007; Balbi y Devoto, 2008).

El incremento de la producción y la calidad de productos hortícolas es un tema de interés para muchos investigadores, ya que los rendimientos de las hortalizas y las propiedades nutraceuticas de sus frutos son bajos en los sistemas de producción a cielo abierto y bajo condiciones protegidas (Gómez *et al.*, 2009; López-Elías *et al.*, 2011). Existen diferentes alternativas para aumentar los rendimientos de los cultivos en la agricultura protegida, tales como la ampliación del área cultivada, la disminución de las condiciones de estrés que afectan el desarrollo de las plantas (Martínez-Valverde *et al.*, 2002) así como el uso de moléculas de señalización, que son moléculas que provocan eventos de respuesta a nivel molecular (Xu *et al.*, 2009).

El Ácido salicílico es una molécula relacionada con la respuesta al estrés en las plantas (Hayat y Ahmad, 2007) y, por lo tanto, considerada como candidata para aplicaciones exógenas como activador de resistencia sistémica inducida; en particular, el ácido acetil salicílico (ingrediente activo de la aspirina), es un compuesto fenólico análogo del AS, que ha sido identificado como un producto de bajo costo y no fitotóxico (Raskin, 1992).

El uso de moléculas de señalización como el ácido salicílico es una práctica que se utiliza para mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos (Vázquez *et al.*, 2016).

El ácido salicílico es una hormona vegetal que está presente en todos los órganos vegetales y desempeña un papel fundamental en la regulación del crecimiento, desarrollo e interacción de las plantas con otros organismos patógenos, así como en la inducción de defensa de las plantas frente a diferentes tipos de estreses ambientales (sequia, salinidad, inundaciones, cambios de temperatura, entre otros). La defensa de las plantas contra cualquier tipo de estrés esta mediada a través de varias vías de señalización que conducen a la producción de muchas proteínas defensivas y compuestos no proteicos (INTAGRI, 2018).

El ácido salicílico es un compuesto fenólico producto del metabolismo secundario (Hayat *et al.*, 2010), presente en tejidos vegetales. Regula el crecimiento en las plantas e incrementa el rendimiento de los cultivos cuando se suministran bajas concentraciones exógenas (Raskin, 1992).

Participa en procesos fisiológicos como el cierre estomático (Larqué-Saavedra, 1978), mejoramiento de la carboxilación y la actividad del nitrato reductasa (Fariduddin *et al.*, 2003), aumento de la actividad fotosintética (Arfan *et al.*, 2007; Sánchez Chávez *et al.*, 2011) y reducción del rendimiento fotoquímico operacional (Janda *et al.*, 2012). Además, estimula la producción de metabolitos secundarios (Bennet y Wallsgrove, 1994), como la capsaicina (Sandoval-Rangel *et al.*, 2011), bacosida A (Largia *et al.*, 2015), witaferina A (Piñeros-Castro *et al.*, 2009),

flavonoides (Pacheco *et al.*, 2013), y fenoles totales (Burbano y Garcés, 2007; Rodrigues-Brandao *et al.*, 2014).

De acuerdo con Vázquez *et al.* (2016), en tomate el ácido salicílico fue agregado a la solución nutritiva en dosis crecientes: 0.0, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, y 0.4 mM y los resultados indicaron que la aplicación a dosis bajas de ácido salicílico (0.02 mM), incrementó el rendimiento y a dosis altas lo disminuyen hasta en 43 %. La calidad de los frutos fue mayor en dosis altas de 0.2 y 0.4 mM. El uso del ácido salicílico es una alternativa viable para incrementar la producción y enriquecer la calidad nutraceutica de frutos con la posibilidad de mejorar la salud pública al ser consumidos.

Por otra parte, Larqué–Saavedra *et al.* (2010) en plántulas de tomate asperjaron concentraciones bajas de ácido salicílico (1.0, 0.01 y 0.0001 μM) para estimar el crecimiento de la raíz y del tallo. Las plántulas fueron cultivadas en condiciones de invernadero y crecidas en macetas con un sustrato de peat moss y perlita (2:1). Los resultados señalan que el AS incrementó significativamente la altura, el área foliar, el peso fresco y seco del vástago, así como la longitud, el perímetro y el área de la raíz. El tratamiento de 1 μM de AS, incrementó la longitud de la raíz en 43 %, en 14.8 % el tamaño del tallo y en 38.6 % el área foliar en comparación con el control.

Gutiérrez–Coronado *et al.* (1998) encontraron que el ácido salicílico tiene un efecto positivo en el desarrollo del dosel del tomate, datos que coinciden con lo publicado por Yildirim y Dursun (2009) en plantas adultas de tomate, quienes al utilizar concentraciones de 0.50 mM de AS registraron el incremento del área foliar y del diámetro del tallo. Estos efectos positivos del AS, no se manifestaron con tomate en condiciones de estrés por sales (Shahba *et al.*, 2010).

Tejeda *et al.* (1998) mencionan que para tratar de determinar el efecto de las aspersiones de ácido acetilsalicílico (ASA), sobre la producción de grano de trigo (*Triticum aestivum*) Cv. Lerma Rojo, realizaron experimentos en invernadero y en el campo. Probaron concentraciones de 10^{-7} M y 10^{-2} M de ASA y como épocas de aplicación se tuvieron: al inicio de la floración, 5, 10 y 15 días después de iniciada la floración. Encontraron que la época más apropiada para aplicar el compuesto es

el inicio de la floración y durante los primeros días después de iniciado la misma. Determinaron la posibilidad de un efecto inhibitorio sobre la producción al aplicarse en épocas posteriores a la floración. Respecto a la dosis, las dos concentraciones promovieron la producción de grano (García, 1982).

De acuerdo con Yildirim y Dursun *et al.* (2009) se ha demostrado que el ácido salicílico (AS) es una molécula señal importante para modular las respuestas de las plantas al estrés ambiental (Bergmann *et al.*, 1994; Breusegem *et al.*, 2001). La aplicación exógena de AS puede influir en una serie de procesos diversos en plantas, incluida la germinación de semillas (Korkmaz, 2005), cierre de estomas, absorción de iones y transporte (Gunes *et al.*, 2005), permeabilidad de la membrana (Barkosky y Einhellig, 1993), tasa fotosintética y de crecimiento (Khan *et al.*, 2003). Además de facilitar el crecimiento de las plantas, se ha demostrado que el AS desempeña un papel en la mitigación de los efectos nocivos de algunas tensiones ambientales que incluyen: baja temperatura (Korkmaz, 2005), alta temperatura y sequía (Singh y Usha, 2003; Senaratna *et al.*, 2000; Shi *et al.*, 2006).

Los resultados de numerosas investigaciones realizadas durante las dos últimas décadas han demostrado que el AS juega un papel importante en varios aspectos de las respuestas de defensa posteriores al ataque de un patógeno. Estas incluyen entre otras, la activación de la muerte celular, la expresión de proteínas PR, así como la inducción de la resistencia local y sistémica a enfermedades. Sin embargo, el AS parece utilizar diferentes mecanismos para inducir estas respuestas. Además, éste interactúa positiva o negativamente con otras vías de señalización hormonal para inducir algunas respuestas de defensa. Resulta interesante, por lo tanto, seguir explorando las vías de señalización de esta molécula en el contexto de la resistencia a enfermedades en plantas (Sánchez *et al.*, 2011).

Efectos fisiológicos del ácido salicílico sobre las plantas

El ácido salicílico es un compuesto que desempeña un papel fundamental en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas (INTAGRI, 2018)

Inducción de la floración

Fue el primer efecto fisiológico que se descubrió del ácido salicílico sobre las plantas. Posteriormente diversos ensayos demostraron que el AS puede inducir la floración en algunas familias de plantas, aunque es un efecto estudiado aún falta mucha investigación para determinar las rutas de señalización involucradas en este proceso. Se ha reportado que el AS favorece los procesos de floración en ornamentales como gloxinia (*Sinningia speciosa*), violeta (*Viola odorata*) y petunia (*Petunia x hybrida*) (INTAGRI, 2018).

Inducción de la resistencia sistémica a patógenos

El papel más conocido del AS es ser una molécula que emite una señal para activar los mecanismos de defensa de las plantas ante la incidencia de cualquier patógeno. Se sabe que la infección inicial de un patógeno incrementa la resistencia a futuros ataques a través del mecanismo de resistencia sistémica adquirida (RSA). Lo anterior se logra debido a que las plantas sintetizan diferentes compuestos como fitoalexinas, fitoanticipinas y proteínas relacionadas con la patogenicidad (PR) que proporcionan a la planta una defensa efectiva de amplio espectro contra un gran número de patógenos. En este sentido, se ha demostrado que el AS se encarga de la activación de la muerte celular, la expresión de proteínas PR, así como la inducción de la resistencia local y sistémica de enfermedades. En la actualidad existen reportes que indican que la aplicación exógena del ácido salicílico induce la expresión de genes PR y/o resistencia contra virus, bacterias y hongos patógenos (INTAGRI, 2018).

Incremento de la termogénesis

Se ha observado que el AS puede provocar la producción de calor en las plantas, es decir, aumentar la temperatura en lugares y órganos determinados. La termogénesis es un fenómeno que consiste en formación de órganos o tejidos por acción de la temperatura (INTAGRI, 2018).

Retraso en la senescencia en hojas y pétalos

La senescencia de las hojas y los pétalos marca el final del estado de desarrollo de estas. En el caso de las hojas, se inicia un proceso de translocación de nutrientes a otros órganos sumideros de las plantas (flores o frutos). Algunos ensayos indican que la aplicación exógena de ácido salicílico retrasa la senescencia de hojas y pétalos de ornamentales (INTAGRI, 2018).

Inducción de la respuesta de la planta ante el estrés abiótico

El ácido salicílico es un compuesto muy importante en los procesos fisiológicos de las plantas, principalmente como metabolito secundario, que forma parte de mecanismos vitales de protección de la planta frente al estrés abiótico. Las situaciones de estrés (ataque de patógenos, sequía, salinidad, frío) desencadenan respuestas bioquímicas en las plantas y entre otros efectos provocan la acumulación de diversos compuestos y la activación de diferentes genes relacionados al estrés. Uno de los compuestos que se acumulan es el ácido salicílico, que está involucrado en la transducción de señales para mediar la adaptación de la planta al estrés. En el caso de la tolerancia a la salinidad, diferentes estudios han determinado que plantas bajo tratamientos con AS pueden resistir a condiciones de salinidad. Lo que se ha atribuido a la acumulación de solutos compatibles como la prolina y la glicina betaína (INTAGRI, 2018).

Valor nutricional de la miel

La miel es un alimento nutritivo, saludable y natural producido por las abejas. Sus propiedades benéficas van más allá del uso como dulcificante, ya que es rico en sales minerales, enzimas, vitaminas y proteínas que le proporcionan propiedades nutritivas y organolépticas únicas (cuadro 2). La miel puede ser monofloreal, si predomina un porcentaje predeterminado de néctar y polen de una planta concreta, o plurifloreal, si contiene una mezcla no concreta de distintos néctares y pólenes (FAO, 2020).

Cuadro 2. Composición nutritiva de la miel por 100 g de producto.

Valor energético	Valor medido por 100 g de producto
Energía	
Carbohidratos	<i>300 kcal</i>
Proteínas	<i>0.5 g</i>
Grasas	<i>0 g</i>
Vitaminas (mg)	
Filoquinona	<i>0.025</i>
Tiamina	<i>0.01</i>
Riboflavina	<i>0.01 - 0.02</i>
Piridoxina	<i>0.01 - 0.32</i>
Niacina	<i>0.10 - 0.20</i>
Ácido pantoténico	<i>0.02 - 0.11</i>
Ácido ascórbico	<i>2.2 - 2.5</i>
Minerales (mg)	
Sodio	<i>1.6 - 17</i>
Calcio	<i>3 - 31</i>
Potasio	<i>40 - 3.500</i>
Magnesio	<i>0.7 - 13</i>
Fósforo	<i>2 - 15</i>
Zinc	<i>0.05 - 2</i>
Cobre	<i>0.02 - 0.06</i>
Hierro	<i>0.03 - 4</i>
Manganeso	<i>0.02 - 2</i>
Cromo	<i>0.01 - 0.3</i>
Selenio	<i>0.002 - 0.01</i>

(FAO, 2020)

En función de las condiciones ambientales, geográficas y climáticas, la miel puede variar en el contenido de polen y humedad relativa. La miel se produce en los cinco continentes y su consumo varía de un país a otro según la cultura y los hábitos alimentarios (FAO, 2020).

Uso de la miel de abeja en las plantas

De acuerdo con Ramos y Pacheco (2016) la definición de miel dada por el Codex alimentario es la siguiente:

Es una sustancia dulce natural producida por abejas (*Apis mellifera*) a partir del néctar de las plantas o de secreciones de partes vivas de éstas o de excreciones de insectos succionadores de plantas que quedan sobre partes vivas de las mismas y que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, y depositan, deshidratan, almacenan y dejan en el panal para que madure y añeje.

La miel de abeja está constituida principalmente por hidratos de carbono y agua (Figura 1). Entre los constituyentes menores se encuentran minerales, materia nitrogenada y ácidos orgánicos. Posee cantidades muy bajas de lípidos, vitaminas, inhibina, hormonas, polen y pigmentos vegetales tales como xantofilas, carotenos y más de 5000 tipos de flavonoides, compuestos fenólicos como ácido benzoico y ácido cinámico. La composición cualitativa y cuantitativa de los flavonoides está relacionada con el origen botánico de la miel, podría llegar a clasificarse el producto sobre la base del estudio de estos componentes (Beatriz, 2004).

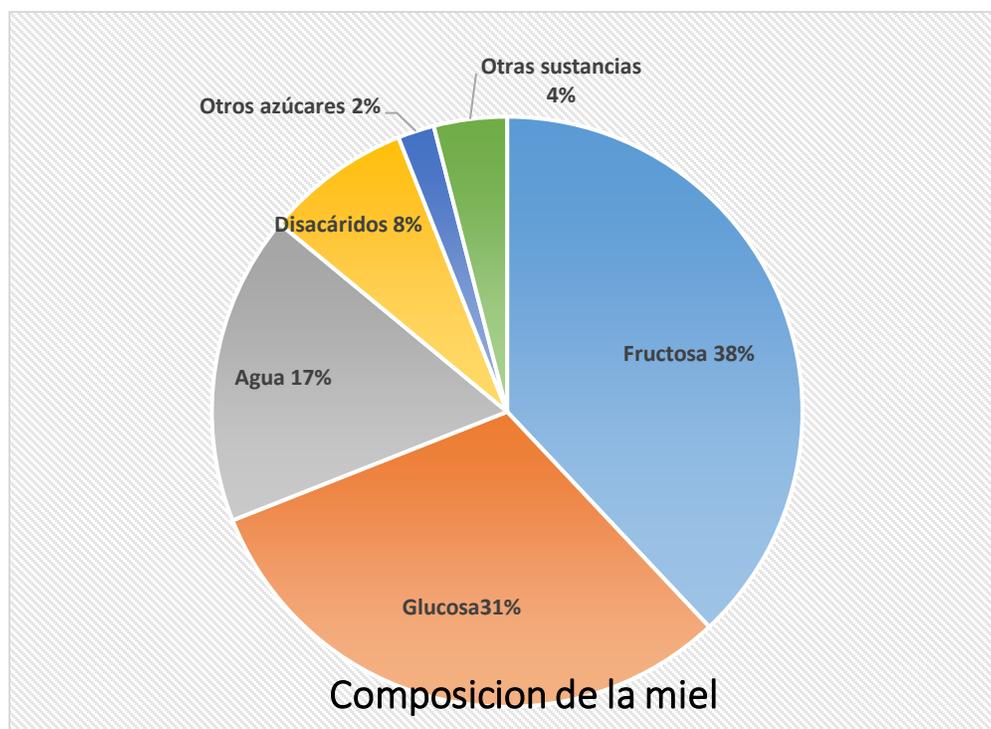


Figura 1. Porcentajes de la composición de la miel.

La miel de abeja se usa con propósitos médicos en humanos como fuente de antioxidantes, (compuestos fenólicos) y como antibiótico (Thrasivoul, 2001; Cruzado *et al.*, 2007). El uso de la miel de abeja como fuente de nutrimentos y control de enfermedades en cultivos agrícolas no es muy conocida; aunque hay reportes que su aspersión al follaje de tomate de cáscara (*Phisalis ixocarpa* Brot.) al 2 %, combinada con Si, disminuye la severidad de daño causado por *Fusarium oxysporum* (Gómez *et al.*, 2006). En cebolla (*Allium cepa* L.) disminuye la incidencia y severidad de *Sclerotium cepivorum*, mientras que en plántulas de tomate mejora el vigor, incrementa el diámetro del tallo y la absorción de N, P y K (Villegas *et al.*, 2001).

Con la aplicación de miel sus componentes (minerales, vitaminas, aminoácidos, enzimas, entre otros) son absorbidos por la planta en una etapa donde la demanda nutrimental es alta (Ulloa *et al.*, 2010). El uso de la miel de abeja como fuente orgánica de nutrimentos para los cultivos es relativamente nuevo, y hasta el

momento no se sabe con claridad cuáles de sus componentes en forma aislada o en interacción que favorece el desarrollo de los cultivos y la resistencia a enfermedades, pero en varios estudios se han observado respuestas favorables a su aplicación (Gómez *et al.*, 2006; Ramírez-Florez *et al.*, 2006). La aspersion foliar de calcio o miel de abeja por separado aumentaron los sólidos solubles en 12.9 % y 18.2 %, respectivamente. Es factible utilizar la aspersion foliar de calcio o de miel de abeja para mejorar la calidad del fruto de tomate de costilla cultivado en invernadero (Rodríguez- Mendoza *et al.*, 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La presente investigación se realizó en una casa malla sombra en Apatzingán, Michoacán, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ubicada en 19° 05' 00" LN y 102° 22' 17" LO a 314 m de altitud (Figura 2). El clima del sitio de BS₁ que corresponde cálido semi-seco (García, 2004).



Figura 2. Mapa de localización del experimento.

Metodología

Genotipo experimental

Para la presente investigación se utilizó la variedad PRIMUS LF determinada. Que requiere condiciones climáticas ligeramente cálidas, ya que no tolera heladas ni bajas temperaturas por periodos prolongados. De igual forma, requiere que la temperatura entre el día y la noche varié para asegurar buen amarre de frutos, por lo tanto, la temperatura ideal de día para su crecimiento y desarrollo se encuentra entre los 21-30 °C; y de noche, entre 18-21 °C.

Establecimiento del experimento

El experimento se estableció durante los meses en los que se presenta la temperatura más fresca de la región de tierra caliente, de noviembre de 2021 a enero de 2022, donde la temperatura media fluctuó de los 16° C a los 32° C, fue mayor al inicio del cultivo y menor al final.

Para analizar el efecto del AS y la miel, se utilizó una estructura de casa sombra tipo túnel de estructura metálica y con cubierta de polietileno al 30 %, y malla antiafida de 25 x 25. La nave cuenta con medidas de 10 m de ancho x 40 m de largo, pero el experimento solo fue establecido en la mitad de la estructura, utilizando una superficie de 10 x 20 m.

Preparación del terreno

Se realizó un laboreo profundo con ayuda de un arado para evitar la compactación del suelo (Figura 3), posteriormente se desinfectó la tierra con la aplicación de una solución de metalaxil a 1 ml L⁻¹ para el control de hongos y patógenos.



Figura 3. Descompactación del suelo.

Colocación de cintilla

Se formaron ocho camas con altura de 25 a 40 cm, con un espacio de 1 m entre líneas, se instaló una cintilla de riego por goteo por cada cama para posteriormente acolchar (Figura 4). Se utilizó un sistema de riego por goteo, abastecido por cuatro cisternas de 2500 L, con bomba de agua de 2 pulgadas y un sistema de nebulización.



Figura 4. Colocación de cintilla.

Acolchado

Después de haber formado los ocho surcos y por ser poca la extensión del terreno de manera manual se procedió a la colocación del acolchado plástico color blanco, con perforaciones a 30 cm de distancia (Figura 5).



Figura 5. Camas con el acolchado instalado.

Trasplante

Se manejó una distancia entre plantas de 30 cm, el trasplante se hizo manualmente por la tarde, se procedió a sumergir las charolas con las plántulas en una solución de 10 g L⁻¹ de enraizador (Raizal® 400 Syngenta), se dejó escurrir el exceso. En la Figura 6 se muestran las plántulas listas para el trasplante.



Figura 6. Plántula de tomate a los 35 días.

Fueron utilizadas plántulas de la variedad PRIMUS LF de 35 días de edad y que fueron facilitadas por un productor privado de la región (Figuras 6, 7 y 8) se colocó una plántula por orificio, después se procedió a realizar el riego de asiento para asegurar un buen contacto entre el suelo y el cepellón.



Figura 7. Trasplante manual de las plántulas de tomate



Figura 8. Plántula trasplantada.

Riego

Se utilizó un sistema de riego por goteo. En las primeras etapas fenológicas de la planta se suministró el riego cada tres días, durante la etapa de fructificación se realizaron riegos diarios y cortos de acuerdo con el requerimiento de agua por parte de la planta. El agua que se aplicó a las plantas provino de un pozo profundo y se almacenaba en tanques de plástico (Figura 9).



Figura 9. Tanques de sistemas de riego.

Fertilización

Para la fertilización se utilizó la solución nutritiva Steiner durante todas las etapas fenológicas del cultivo (Cuadro 3) con una frecuencia de aplicación de una vez por semana, en la primera etapa de desarrollo vegetativo del cultivo se suministró la solución nutritiva al 50 %, en la segunda etapa que corresponde a floración y amarre de fruto se aplicó al 100 % y posteriormente, en la última etapa de maduración y cosechase suministró al 150 % (Cuadro 4).

Cuadro 3. Formula de la solución Steiner

	Aniones			Cationes		
	NO_3^-	H_2PO_3^-	SO_4^{-2}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Me L-1	12	1	7	7	9	4

Cuadro 4. Solución Steiner para tomate roma de acuerdo con cada etapa fenológica.

Etapa fenológica	Solución Steiner	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₃ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ⁻²
----- me L ⁻¹ -----							
Desarrollo Vegetativo	50%	5.39	5.39	3.48	4.14	0.78	3.88
Floración y amarre	100%	10.79	0.99	6.97	8.28	1.57	7.76
Maduración y cosecha	150%	16.18	1.48	10.45	12.42	2.35	11.64

Los fertilizantes utilizados para la aplicación de la solución nutritiva se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Fertilizantes comerciales utilizados para la solución nutritiva.

Fuente de Nutrimiento	Nombre del compuesto	Nombre comercial
H ₃ PO ₄	Ácido fosfórico P ₂ O ₅ 52%	Nutrimaster
MgSO ₄ .7H ₂ O	Sulfato de magnesio heptahidratado	Sulmag
Ca (NO ₃) ₂ .4H ₂ O	Nitrato de calcio	Calcinit
KNO ₃	Nitrato de potasio	Ultrasol NKS + plus
K ₂ SO ₄	Sulfato de potasio	Ultrasol SOP 51
CH ₄ N ₂ O	Urea	Urea

Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas y enfermedades se realizó de manera preventiva mediante insecticidas y fungicidas químicos. Al realizar el trasplante se aplicaron 2 g de clorpirifos alrededor de la planta, esto para prevenir el ataque de insectos trozadores.

De manera preventiva se hicieron aplicaciones foliares utilizaron insecticidas químicos: se alternaron Flupyradifurone (Sivanto prime 200 SL) e Imidacloprid (Confidor 350 SC) con adherente (Inex-A), ambos a la concentración de 1 mL L⁻¹ de agua cada 12 días. Posteriormente las aplicaciones se realizaron cada seis días, esto por la infestación excesiva de mosquita blanca.

Para el control de enfermedades como el Damping off en las plántulas de tomate, después de haber sido trasplantadas, se suministró propamocarb clorhidrato (Previcur®) a la concentración de 1 mL L⁻¹. Después, para la prevenir enfermedades fungosas se aplicó Metalaxil a la concentración de 1 mL L⁻¹ cada 10 días, ambas aplicaciones por vía drench, a los 40 días después del trasplante (DDT) se detectó la presencia de peca bacteriana y se llevó a cabo aplicaciones foliares de Metalaxil 1 mL L⁻¹ y Agri-mycin® 500 1 g L⁻¹ con adherente (Inex-A) a la concentración de 1 mL L⁻¹.

Tratamientos evaluados

Los tratamientos consistieron en la aplicación de ácido acetilsalicílico (AS) a la concentración de 10⁻³ Mmol que fue medida en una balanza analítica y miel de abeja al 2 % de concentración (20 mL L⁻¹ de agua). El AS se aplicó y la miel de abeja orgánica se (Figuras 10 y 11), solos y combinados, en dos (A2), cuatro (A4) y seis (A6) aplicaciones. Lo que generó nueve combinaciones de tratamientos: AS-A2, AS-A4, AS-A6, Miel-A2, Miel-A4, Miel-A6; AS+Miel-A2, AS+Miel-A4, AS+Miel-A6, más el tratamiento testigo absoluto (agua). Las aspersiones de los tratamientos se realizaron con un atomizador hasta punto de goteo siempre a las 8:00 am (Figura 12).



Figura 10. Miel de abeja utilizada para la aplicación de los tratamientos



Figura 11. Ácido salicílico utilizado para la aplicación de los tratamientos.

Se realizó un análisis de la miel utilizada en el experimento para cerciorarse de la confiabilidad y la pureza de esta (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de la miel utilizada para las aplicaciones.

Resultado del análisis		
Miel		
Determinación	Resultados	Método
	A	
Proteína (%) ^B	N/D	NMX-F-608-NORMEX-2011
Humedad (%)	10.92	NMX-F-428-1982
Cenizas (%)	0.36	NMX-F-607-NORMEX-2013
Grasas totales	0.90	NMX-F-615-NORMEX-2018
Fibra cruda	0.29	NMX-F-613-NORMEX-2017

Información adicional

^A Los resultados son el promedio de dos análisis independientes por muestra y las unidades del resultado es de g/100g

^B El factor para transformar el nitrógeno a proteína fue de 6.25



Figura 12. Atomizadores utilizados para la aplicación de los tratamientos.

Las aplicaciones de los tratamientos se iniciaron a los 10 días después del trasplante a intervalos de aplicación de 10 días (Figura 12). El total de aplicaciones fue en función de los tratamientos (Figuras 13 y 14). El ácido salicílico fue diluido primeramente en alcohol etílico de 96°. En 3 mL de alcohol para diluir 10^{-3} Mmol de ácido salicílico. Posteriormente se aforó con agua destilada hasta un L. Así mismo, la dilución de la miel al 2 % fue con agua destilada. Los tratamientos fueron

aplicados por la mañana hasta punto de goteo. Para evitar efecto de deriva, se utilizaron platicos para cubrir plantas de tratamientos vecinos.



Figura 13. Aplicación de los tratamientos con atomizador a los 20 ddt.



Figura 14. Aplicación de los tratamientos con bomba de mochila a los 40 ddt.

En el cuadro 7. se presenta información respecto a los tiempos de aplicación de cada uno de los tratamientos en estudio.

Cuadro 7. Aplicación de tratamientos.

Tratamiento	Etapa vegetativa					
	Trasplante	Vegetativa	Primera floración	Desarrollo floral	Primer amarre de fruto	Primer crecimiento de fruto
	10 días	20 días	30 días	40 días	50 días	60 días
AS-A2	X	X				
AS-A4	X	X	X	X		
AS-A6	X	X	X	X	X	X
Miel-A2	X	X				
Miel-A4	X	X	X	X		
Miel-A6	X	X	X	X	X	X
AS+Miel-A2	X	X				
AS+Miel-A4	X	X	X	X		
AS+Miel-A6	X	X	X	X	X	X
Testigo						

AS= ácido salicílico, A= número de aplicaciones

Diseño experimental

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones. La parcela grande fue el producto y la parcela chica correspondió al número de aplicaciones. El total de unidades experimentales fue de 40 (Figura 15). Cada unidad experimental estuvo



formada por seis plantas, de las cuales cuatro plantas correspondieron a la parcela útil. Por lo tanto, fueron 240 plantas de tomate bajo estudio.

Figura 15. Distribución de los tratamientos dentro de la casa malla sombra.

Variables de respuesta

A los 45 y 60 días después del trasplante, de las plantas de la parcela útil de cada unidad experimental, se registraron variables las siguientes variables de respuesta:

Variables morfológicas

Altura de la planta (AP): Se tomaron las mediciones en cm con ayuda de una cinta métrica, desde la base del tallo hasta el meristemo apical de la planta (Figura 16).



Figura 16. Medición de altura de planta.

Diámetro del tallo (DT): Con ayuda de un calibrador Vernier digital, se tomó la medida del diámetro del tallo en mm a los 5 cm de altura del suelo (Figura 17).



Figura 17. Medición del diámetro de tallo.

Número de hojas (NH): Se realizó de manera visual, contabilizando el número de hojas por planta, se consideraron solo las hojas completamente desarrolladas al momento del registro de la variable (Figura 18).



Figura 18. Conteo visual del número de hojas.

Variables de rendimiento y componentes de rendimiento

Durante la etapa productiva del cultivo de tomate se registraron las siguientes variables de respuesta:

Rendimiento de fruto (RF): en cada corte de frutos en madurez comercial (inicio de la coloración roja) se pesaron todos los frutos cortados de las plantas de la parcela útil de cada unidad experimental, el peso total se dividió entre las dos plantas, para obtener el rendimiento de frutos por planta.

Peso de frutos (PPF): se tomaron frutos de cada unidad experimental, de acuerdo con cada corte y se pesaron, se realizó la sumatoria en peso que fue dividida entre el número de plantas muestreadas (Figura 19).



Figura 19. Peso promedio de frutos.

Número de frutos por planta (NFP): Se contó el número de frutos de todos los cortes realizados a cada unidad experimental, dividido entre el número de plantas muestreadas.

Diámetro ecuatorial el fruto (DE): corresponde a la medida horizontal que se toma en la mitad del fruto, es decir, el fruto se coloca de manera verticalmente, situando

en la parte superior el pedúnculo y en la parte inferior el estigma. Por tanto, la medida se toma colocando el vernier a la distancia media entre ambos puntos y de forma horizontal se toma la lectura en cm. La frecuencia del registro de esta variable fue en cada corte de frutos.

Diámetro polar (DP): correspondió a la medida vertical que existe entre el pedúnculo y el ápice del fruto, se colocó el vernier de manera vertical y se tomó la distancia entre estos dos puntos (Figura 20).



Figura 20. Medición del diámetro polar.

Biomasa total

Al final del ciclo del cultivo se determinó la:

Materia seca total (MST): Para medirla se seleccionó una planta de la parcela útil, posteriormente se almacenó en una bolsa de papel y se secó al sol, a los 21 días se realizó la toma del peso, la unidad de medida fue en gramos (Figura 21).



Figura 21. Peso de la materia seca.

Materia seca por órganos (MSO): Para medirla se seleccionó una planta de la parcela útil, posteriormente se almacenó en una bolsa de papel, se dejó secar al sol y a los 21 días se realizó esta prueba, se pesaron por separado las hojas y los tallos, la unidad de medida fue en gramos (Figura 22).



Figura 22. Peso de la materia seca por órganos.

Análisis estadísticos

Los datos que se obtuvieron fueron analizados estadísticamente con el paquete SAS 9.1 y a las variables que presentaron diferencias estadísticas se les aplicó la prueba de comparación de medidas de Tukey al 5 % de probabilidad del error (SAS, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Variables morfológicas

De acuerdo con los objetivos planteados se registraron y analizaros las variables morfológicas para determinar si hay diferencias estadísticas significativas a causa de la aplicación foliar del ácido salicílico y miel en el crecimiento y rendimiento de tomate.

Altura de planta

En la variable altura de la planta se encontraron diferencias estadísticas significativas a causa de los tratamientos en estudio, desde los 45 días después del trasplante (DDT) (Cuadro 8). A los 60 DDT el tratamiento con el que las plantas presentaron las mayores alturas fue con el suministro de ácido salicílico en dos aplicaciones (AS-A2), al registrar 94 cm de altura, en comparación con las plantas del testigo absoluto que mostraron alturas promedio de 83 cm. Es decir, el incremento con este tratamiento fue de 14 % (Figura 23).

Cuadro 8. Efecto de los tratamientos sobre las variables morfológicas Tukey ($p < 0.05$) a los 45 ddt.

Tratamiento	Altura planta	Número de hojas	Diámetro de tallo
AS-A2	77.00 ab	19.25 a	9.50 a
AS-A4	71.37 b	19.25 a	10.40 a
AS-A6	78.12 ab	19.25 a	10.10 a
MIEL-A2	83.25 ab	20.75 a	10.06 a
MIEL-A4	80.75 ab	18.25 a	9.80 a
MIEL-A6	88.62 a	18.00 a	10.38 a
AS+MIEL A2	81.37 ab	20.00 a	10.11 a
AS+MIEL A4	75.87 b	20.25 a	10.61 a
AS+MIEL A6	79.50 ab	19.00 a	9.61 a
Testigo	73.00 b	18.00 a	9.76 a

[¶]= medias con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). * $p \leq 0.05$. ns = no significativo. $DMS_{H,0.05}$ = diferencia mínima significativa honesta al 5 % de probabilidad del error. CV = coeficiente de variación. AS = ácido salicílico, A2, A4 y A6 = dos, cuatro y seis aplicaciones.

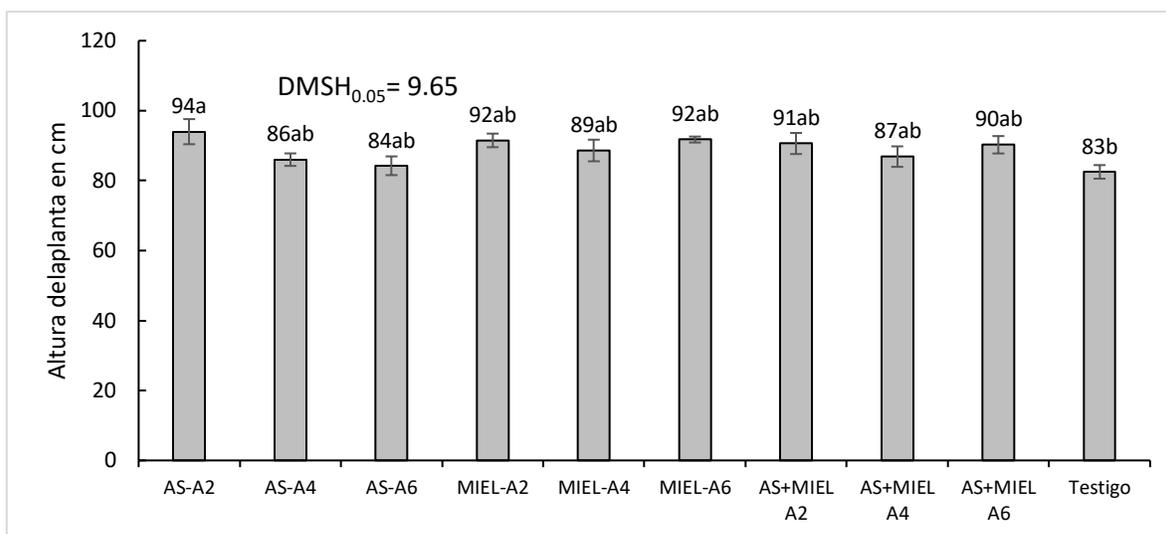


Figura 23. Comparación de las medias de los tratamientos en altura de planta a los 60 días después del trasplante. AS = ácido salicílico, A2, A4 y A6 = dos, cuatro y seis aplicaciones.

Con el suministro de miel sola y en combinación con ácido salicílico en cualquier número de aplicaciones también se mejoró la altura de la planta. Estos resultados son similares a lo encontrado por Villegas *et al.* (2001), quienes realizaron aplicaciones foliares de miel de abeja al 2 % en plantas de tomate, registraron incrementos en la altura de la planta de 48 a 138.4 %, respecto al testigo. Además, también se incrementó el diámetro del tallo de 0.37 a 0.80 %. Esto fue atribuido a que las plantas presentaron una mayor absorción de N, P y K en comparación con las plantas no tratadas con miel de abeja.

De igual manera, se puede comprobar la efectividad de la miel como promotor de la altura de la planta, ya que, en esta investigación, el mayor efecto positivo (superior en un 11.21% respecto a las plantas del testigo) se logró con la utilización de miel de abeja en seis aplicaciones. Resultados que son similares a los encontrados por Cruz *et al.* (2016), quienes al realizar aspersion foliar miel de abeja al 2 % en

plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica) registraron incrementos en la altura de planta del 13 % en comparación del testigo sin aplicación. Así mismo, Cruz *et al.* (2016) comprobaron que la altura de las plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) se favoreció positiva y significativamente ($p \leq 0.05$) por la aplicación foliar de miel de abeja, incluso el efecto fue mayor en 78 % en comparación con la aplicación de *Azospirillum* sp.

Con los resultados obtenidos por Cruz *et al.* (2016) se demuestra la efectividad que presenta la aspersion foliar de miel de abeja en las plantas, lo que genera evidencia de que tienen efecto como promotor del crecimiento vegetal, por lo tanto, constituyen una alternativa promisoriosa y viable para la producción de plántulas de hortalizas. En plántulas de lechuga el tratamiento con mayor efectividad fue la aplicación de miel, con el que las plantas alcanzaron 9.51 cm de altura con respecto a las plantas del testigo, las cuales obtuvieron 8.98 cm. Según Betancourt-Olvera *et al.* (2005), la miel actúa como promotor del crecimiento vegetal, porque contiene una elevada cantidad de carbohidratos, presencia de hormonas, vitaminas, minerales, aminoácidos, proteínas y otros constituyentes orgánicos.

De igual manera en la investigación presentada por Tucuch *et al.* (2015) en donde se evaluó el efecto del ácido salicílico (AS) en plántulas de trigo (*Triticum aestivum* L.). Los resultados señalaron que el AS favoreció significativamente el peso fresco de la raíz, así como la altura y el peso fresco de la biomasa total, en comparación con el control. El mejor tratamiento para estimular el crecimiento de plántulas de trigo fue 1 μ M de AS. Las plántulas asperjadas con 1 μ M de AS crecieron en promedio 3.6 cm más que las plántulas control, equivalente a 18.4 %, en general. En la investigación realizada por Guzmán-Antonio *et al.* (2012), donde evaluaron el efecto del ácido salicílico y la fertilización con N, P y K en el crecimiento y estado nutricional en plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) encontraron que las plantas con la mayor altura (11.6 cm) fueron aquellas con suministro foliar de ácido salicílico y fertilizante, con un incremento de 63.4% en comparación con las plantas sin aplicaciones de ácido salicílico y sin fertilización. El efecto del AS en

la altura de plántulas también se observó en tomate que mostró un incremento el 14.8 % con aplicaciones de 10^{-6} M de AS (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010).

Los resultados del presente estudio son similares con los publicados por autores como Anchondo-Aguilar *et al.* (2011) quienes reportaron incrementos significativos en la altura de la planta, en el cultivo de fresa (*Fragaria ananassa*) variedad Aromosa de día corto, donde utilizaron plántulas de 20 días de cultivadas en un invernadero que fueron asperjadas una vez por semana en ocho ocasiones, con soluciones de ácido salicílico preparadas: 1, 0.01, 0.0001 μ M o agua como control. A los 40 días después de haber iniciado los tratamientos, demostraron que las plántulas asperjadas a las concentraciones probadas tuvieron un efecto positivo en la altura de la planta de fresa con un 13.40 % más de altura en comparación con las plantas del testigo sin aplicación. Fue a la concentración de 1 μ M la que generó la mayor altura.

Así mismo, Villegas *et al.* (2001), encontraron que las plántulas de tomate, cultivadas en hidroponía y con aspersión foliar de miel de abeja al 2% incrementaron su altura en más del 100 % con relación a plantas irrigadas únicamente con la solución Steiner al 50 %.

Número de hojas

En la variable número de hojas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, lo que muestra que no hay respuesta morfológica en la utilización de miel y AS a las concentraciones y aplicaciones estudiadas. El tratamiento con el que las plantas presentaron numéricamente el mayor valor en esta variable fue con el suministro de AS-A2, al registrarse un total de 42 hojas, mientras que las plantas del testigo absoluto produjeron solo 38 hojas, lo que muestra una diferencia de 4 hojas y representa 9.5% de incrementos respecto a las plantas del testigo con aplicación (Figura 24).

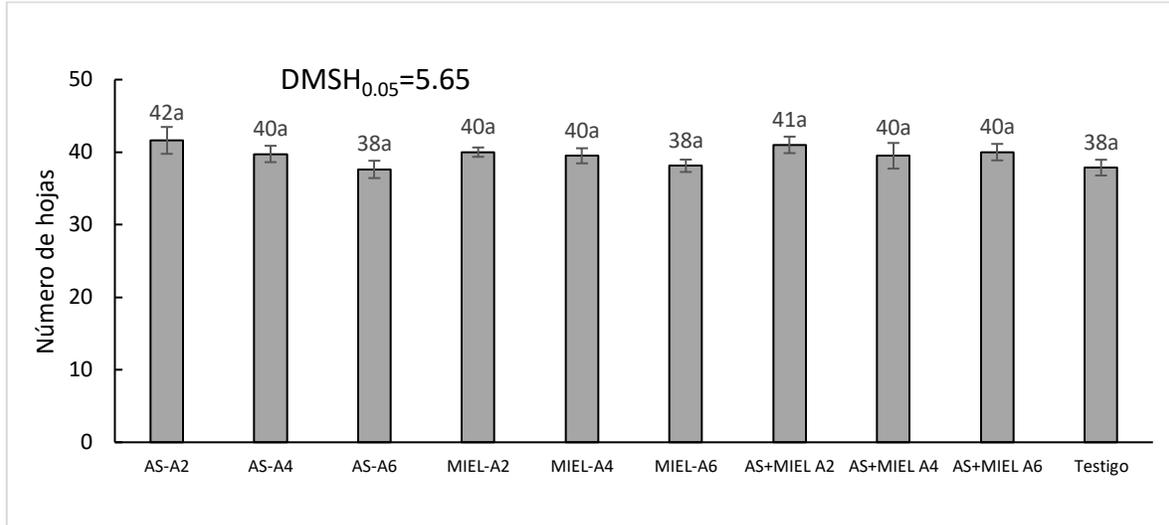


Figura 24. Comparación de las medias de los tratamientos en número de hojas. AS = ácido salicílico, A2, A4 y A6 = dos, cuatro y seis aplicaciones.

Investigaciones realizadas por Guzmán-Antonio *et al.* (2012) donde evaluaron el efecto del ácido salicílico sobre la calidad de plántulas de chile habanero, mostraron que al finalizar el desarrollo de la planta (50 días después de la germinación) no obtuvieron resultados favorables sobre el número de hojas, ya que sin aplicaciones de AS y sin fertilización se generaron plantas con 5.7 hojas, mientras que las plantas con aplicación de AS 10^{-8} M presentaron 5.3 hojas, resultados que fueron similares a los encontrados en nuestro trabajo.

Con relación a la miel, Villegas *et al.* (2001) evaluaron el efecto que tiene la miel de abeja en las plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y encontraron que a los 30 días después de la siembra, las plantas mostraron aumentos considerables en vigor y desarrollo a causa de los tratamientos. El diámetro de tallo aumentó hasta en 0.8 cm en plantas que crecieron en tezontle con la aplicación de miel de abeja en la solución nutritiva y al follaje. Estas diferencias pueden atribuirse a que en plántula el requerimiento nutricional es menor, por lo que el aporte nutricional de la miel en esta etapa es significativo.

Diámetro de tallo

El diámetro de tallo de las plantas de tomate no presentó cambios estadísticos significativos a causa de los tratamientos evaluados. Aunque numéricamente con el suministro de la combinación de AS-Miel-A4 se registró el mayor valor, con 10.7 mm, que en comparación con las plantas del testigo con 9.8 mm, solo obtuvo una diferencia de 0.86 mm, que representa un 8.05 % (Figura 25).

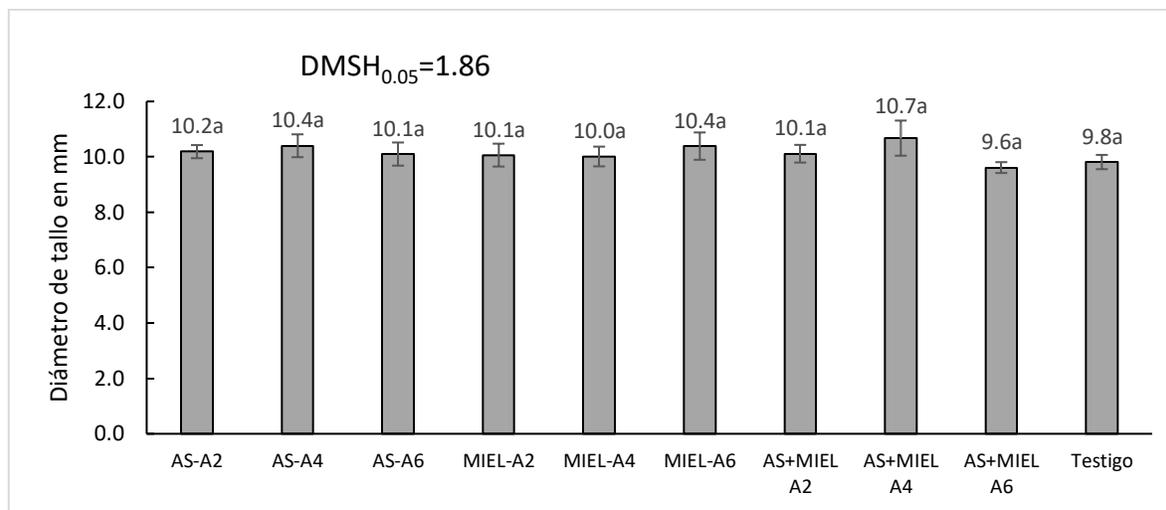


Figura 25. Comparación de las medias de los tratamientos en diámetro de tallo. AS = ácido salicílico, A2, A4 y A6 = dos, cuatro y seis aplicaciones.

Estos resultados coinciden con las respuestas publicadas por Tucuch *et al.* (2015), quienes en su investigación sobre el efecto del ácido salicílico en plántulas de trigo (*Triticum aestivum* L.), señalan que, el diámetro del tallo de las plantas asperjadas con AS no presentó diferencias estadísticas significativas con respecto a las plantas del control. Sin embargo, se aprecia que las plantas con aplicaciones de 1 μ M de AS, estuvieron por encima del control hasta en un 7.8 %.

De acuerdo con lo reportado por Villegas *et al.* (2001), respecto a la utilización de miel de abeja en la nutrición de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), encontraron resultados positivos en el diámetro de tallo alcanzando hasta 0.8 cm más en las plantas que crecieron en tezontle y fertilización foliar con la aplicación de miel de abeja al 2 % diluida en la solución nutritiva y aplicada al follaje. Por lo que el requerimiento nutrición en estado de plántula podría ser menor que en etapas

posteriores de crecimiento de la planta, lo que pudo limitar la respuesta en el diámetro del tallo en nuestro estudio.

Variables de rendimiento y componentes de rendimiento

Rendimiento

En la variable rendimiento de fruto, se encontraron diferencias estadísticas significativas a causa de los tratamientos. El suministro de ácido salicílico en cuatro y seis aplicaciones, así como el resto de los tratamientos evaluados incrementaron de manera significativa el rendimiento de frutos por plantas. Al presentar incrementos de 71 a 175 % en comparación con las plantas del tratamiento testigo (sin aplicación). En este sentido, las plantas más productivas fueron a las que se suministró miel de abeja en cuatro aplicaciones, con aumentos de 2,351 g por planta en comparación con las plantas sin aplicación, es decir, el incremento fue del 171 % (Figura 26).

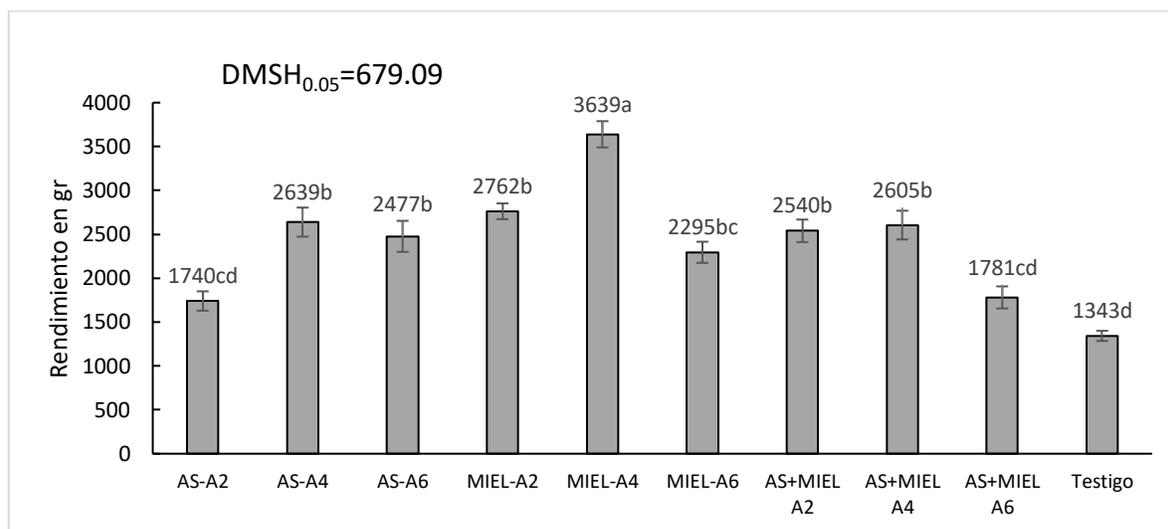


Figura 26. Comparación de las medias de los tratamientos en el rendimiento de fruto por planta. AS = ácido salicílico, A2, A4 y A6 = dos, cuatro y seis aplicaciones.

Los resultados indican que la respuesta en las plantas de tomate a la aplicación de ácido salicílico, miel, ácido salicílico + miel, sobre el rendimiento de frutos, no es proporcional al número de aplicaciones, ya que de manera general se encontró la mejor respuesta con el suministro en cuatro aplicaciones (Figura 26).

Por otra parte, la aplicación combinada de ácido salicílico más miel no potencializó el efecto sobre el rendimiento de fruto en tomate bajo condiciones de agricultura protegida, en este caso, el suministro de miel fue más efectiva para favorecer la producción de este cultivo (Figura 21).

Algunos estudios indican el efecto positivo de la aplicación de ácido salicílico. En este sentido, Vázquez *et al.* (2016) analizaron el efecto de las aplicaciones de AS a seis concentraciones (0, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2 y 0.4 mM) en el cultivo tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. Aquila). Estas plantas son de tipo indeterminado (BHN Seed)®. Llegaron a la conclusión que el AS afectó significativamente ($p \leq 0.05$) el rendimiento de tomate, y fue con las dosis de 0.025 y 0.1 mM, las que generaron los mayores rendimientos, que fueron superiores en 30 y 23 %, respectivamente, a las plantas del testigo (0 mM de AS). Mientras que las plantas que recibieron dosis altas de AS (0.2 y 0.4 mM) disminuyeron el rendimiento en 43 y 39 % en comparación con las que recibieron dosis bajas. Por esta razón es importantes tener cuidado en la dosis aplicada de AS, para evitar efectos negativos en la respuesta productiva de las plantas. En nuestro estudio, la dosis de 10^{-3} Mmol de ácido salicílico en cuatro aplicaciones fue efectiva para favorecer el rendimiento del tomate.

De acuerdo con Vallad *et al.* (2004) se ha considerado que las plantas utilizan parte de la energía en la resistencia sistémica y que podrían existir problemas de merma de producción por una sobredosificación de ácido salicílico. Así mismo, la sobredosificación puede estresar a la planta, causando reducción de rendimiento (USAID, 2006).

Respecto a la miel de abeja, Rodríguez-Mendoza *et al.* (2015) evaluaron la aplicación de miel de abeja al 0 % y 2 % sobre la calidad de tomate tipo costilla (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero, encontraron que el aclareo y la

aspersión foliar de miel de abeja aplicados por separado favorecieron el peso de los frutos, y aplicados en conjunto incrementaron hasta en 5 % el diámetro ecuatorial del fruto. La aplicación de miel de abeja, que es fácilmente disponible para la planta cuando se aplica vía foliar, además de aportar calcio y potasio a la planta también suministran azúcares, proteínas, aminoácidos, vitaminas y hormonas que participan en el desarrollo y peso del fruto (Ulloa *et al.*, 2010). Según Gómez *et al.* (2006), con la aplicación foliar de miel de abeja al 2 % el peso de fruto en tomate de cáscara se incrementó en 28.7 %.

De acuerdo con Mejorada-Cuellar *et al.* (2020) quienes realizaron una investigación donde determinaron el efecto de la miel de abeja al 2 % en plantas de tomate saladet (*Solanum lycopersicum* L.) sanas e infectadas con el viroide de la papita mexicana (MPVd), producidas en cultivo hidropónico bajo invernadero. Encontraron que el mejor resultado en rendimiento de las plantas infectadas con el virus se encontró en las plantas con aplicación de miel, al registrar 21.02 kg respecto a las plantas del testigo que solo obtuvieron 17.14 kg. De igual manera, con la aplicación de miel, pero sin la inoculación del viroide no se observaron diferencias pues solo obtuvo un rendimiento de 17.15 kg. Por lo que además de ser la miel fuente de nutrientes para las plantas, también le confiere resistencia contra factores biótico como las enfermedades.

Número de frutos

El número de frutos por planta presentó cambios estadísticos altamente significativos ($P \leq 0.01$) a causa de la aplicación de los tratamientos (Figura 27).

El suministro de ácido salicílico, miel y las combinaciones ácido salicílico más miel favorecieron el número de frutos por planta. Las plantas que produjeron la mayor cantidad de frutos fueron a las que se les asperjó miel cuatro veces. En estas plantas se registró 165 % más de frutos que en las plantas sin aplicación (testigo absoluto) (Figura 27).

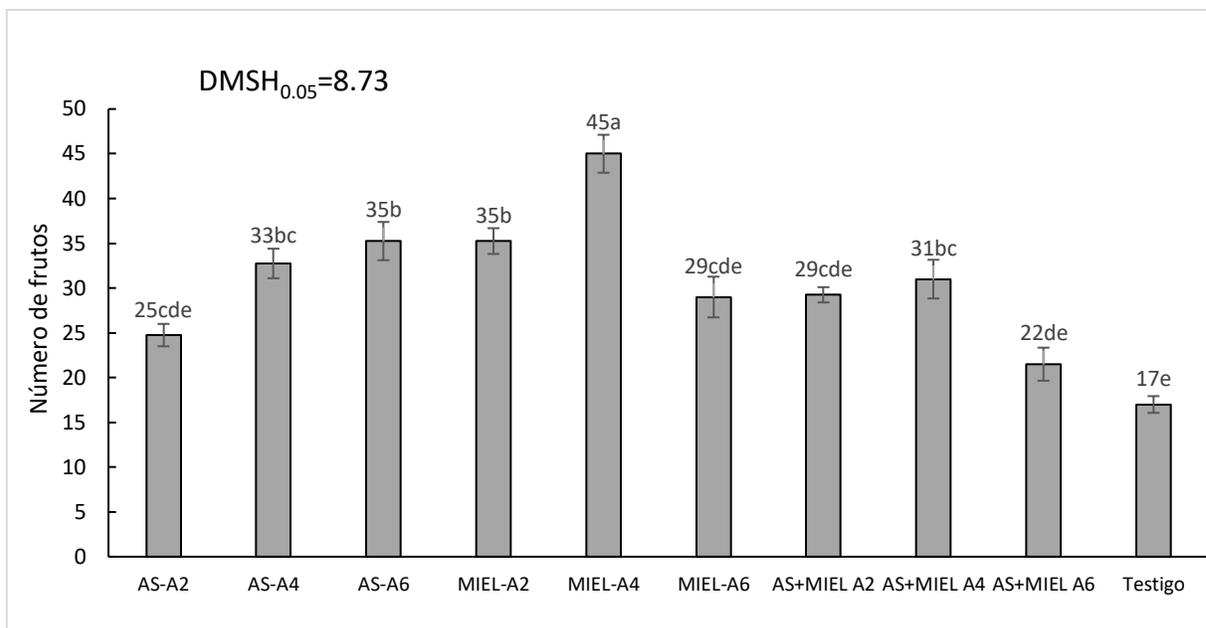


Figura 27. Comparación de las medias de los tratamientos en el número de frutos por planta. AS = ácido salicílico, A2, A4 y A6 = dos, cuatro y seis aplicaciones.

En el caso del ácido salicílico el número de aplicaciones fue proporcional a la respuesta, ya que fue con seis aplicaciones con que las plantas lograron el mayor número de frutos. Mientras que, con miel, fue con cuatro aplicaciones suficiente para lograr la mejor respuesta en esta variable. En el caso de la combinación ácido salicílico más miel, no mostró respuesta superior a la aplicación individual de ambos productos.

Estos resultados son similares con las investigaciones realizadas por Anchondo-Aguilar *et al.* (2011), quienes evaluaron el efecto de la aplicación de ácido salicílico en plántulas de fresa (*Fragaria x ananassa*) variedad Aromosa, donde obtuvieron resultados positivos a los 40 días después de iniciada la aplicación de los tratamientos. Las plantas que mostraron los mejores resultados fueron las tratadas con 0.0001 μ M de AS, que incrementaron en 23 % el número de frutos en comparación con las plantas del control. Durante el experimento se pudo observar que en la octava semana hubo un incremento en el número de frutos por planta, por

el efecto del AS en las diferentes concentraciones evaluadas. Cuando en las plantas control había en promedio 1.5 frutos por planta, en las plantas tratadas con un 0.0001 μM se registró en promedio 5.1 frutos por planta. Así mismo, las plantas tratadas con 1 μM presentaron 4.7 frutos por planta.

Los datos reportados en el presente estudio coinciden con los publicados por autores como Vázquez *et al.* (2016), quienes registraron incrementos significativos en el número de frutos a causa de la aplicación de ácido salicílico en plantas de tomate (*Solanum lycopersicom* L.) bajo condiciones de invernadero. Los mayores incrementos en la cantidad de frutos por planta se registraron con la aplicación de AS a la dosis de 0.025 mM, que superó a las plantas sin aplicación en 29.38%. Cabe destacar que en aplicaciones de AS a la dosis de 0.4 mM se presentaron reducciones de 21 % en esta variable en comparación con las plantas del testigo sin aplicación.

Los resultados obtenidos en la presente investigación también presentan similitud con los obtenidos por Martin-Mex *et al.* (2012) que evaluaron el efecto de la aplicación del ácido salicílico en la producción de papaya (*Carica papaya* L). cv. Maradol roja (*Carisen*). Las soluciones de ácido salicílico se suministraron por medio de aspersiones a concentraciones de 0.01 μM , 0.001 μM y 0.0001 μM . Encontraron el mayor efecto positivo con la dosis de 0.01 μM de AS, que aumentó en 19.7 % el número de frutos, con 55.2 frutos por planta, mientras que en las plantas del testigo sin aplicación se cosecharon 46.1 frutos por planta.

Respecto a la relación del uso de miel con el número de frutos de la planta aún no hay investigaciones que la respalden, aunque en este estudio se encontró el resultado más favorable con la miel a cuatro aplicaciones.

El uso de la miel de abeja como fuente orgánica de nutrimentos para los cultivos es relativamente nuevo, y hasta el momento no se sabe con claridad cuáles de sus componentes en forma aislada o en interacción que favorece el desarrollo de los cultivos y la resistencia a enfermedades, pero en varios estudios se han observado respuestas favorables a su aplicación (Gómez *et al.*, 2006; Ramírez-Florez *et al.*, 2006).

Diámetro polar

Las medidas del diámetro polar fueron similares entre los frutos de las plantas con diferentes tratamientos. Aunque las plantas que presentaron los frutos que numéricamente mostraron el mayor diámetro polar fueron las asperjadas con AS-M-A2 que fueron 7 mm mayores que los frutos de las plantas del testigo (Figura 28).

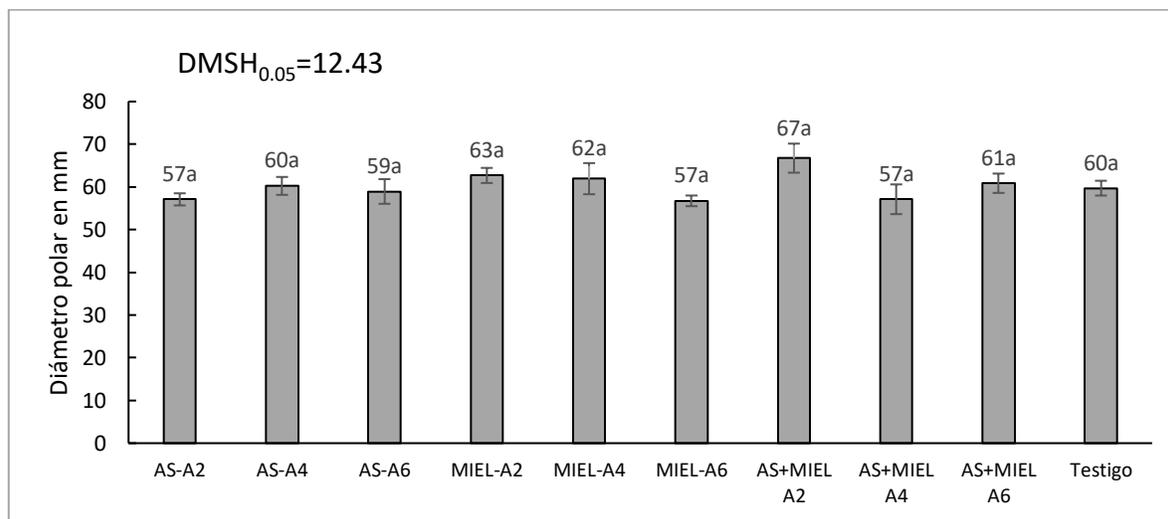


Figura 28. Comparación de las medias de los tratamientos en diámetro polar. AS = ácido salicílico, A2, A4 y A6 = dos, cuatro y seis aplicaciones.

Los resultados de esta investigación difieren con los reportados por Tucuch-Hass *et al.* (2017) quienes analizaron el efecto del ácido salicílico en maíz (*zea mays*) a las concentraciones de 0.1 y 1 μM de AS, más un testigo (agua destilada), en dos fechas. Encontraron que el AS incrementó de manera significativa la longitud de la mazorca (diámetro polar), independiente de la concentración asperjada de AS en ambos experimentos; la concentración de 1 μM de AS superó en 29 % al testigo y la de 0.1 μM de AS en 21 %. Esto indica diferencias en respuesta de la aplicación de AS entre cultivos.

Diámetro ecuatorial

Las medidas del diámetro ecuatorial fueron similares entre los frutos de las plantas con todos los tratamientos y con respecto a las plantas del testigo. Aunque las plantas que numéricamente mostraron los frutos con el mayor diámetro ecuatorial fueron las que se suministró el AS-M-A2, y representaron valores 11 % superiores a las de los frutos de las plantas sin aplicación (Figura 29).

Se han encontrado distintas respuestas en función a la dosis. Así, Vázquez-Díaz *et al.* (2016) al evaluar el efecto de la aplicación de ácido salicílico a las dosis de 0, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2 y 0.4 mM en tomate (*Solanum lycopersicom* L.) bajo condiciones de invernadero, encontraron que la dosis alta de AS (0.4 mM) promovió la producción de frutos chicos, mientras que con el resto de los tratamientos las plantas produjeron frutos medianos, de acuerdo con la clasificación en tamaño de frutos de tomate de la SAGARPA-ASERCA (2008).

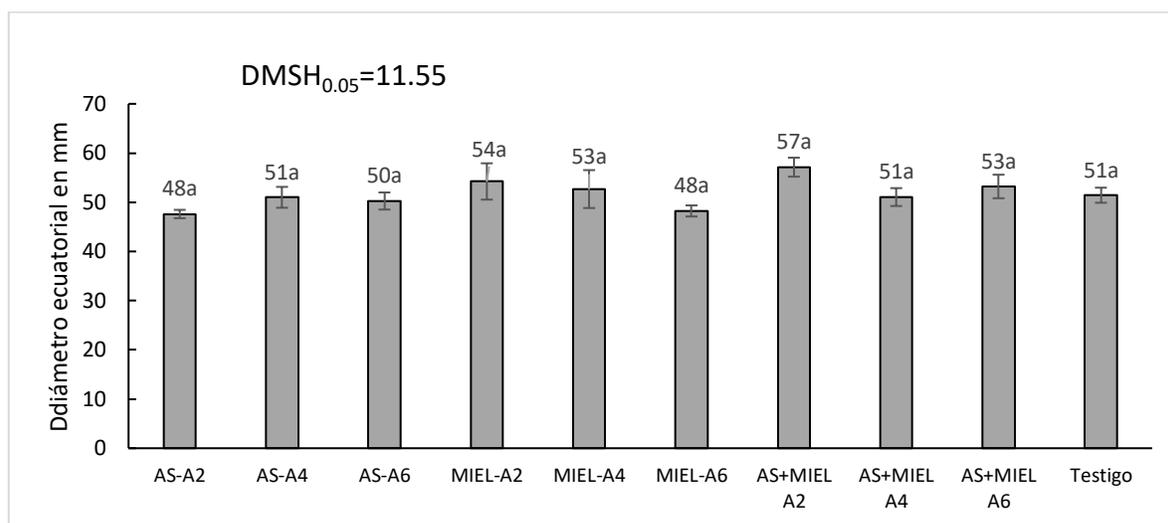


Figura 29. Comparación de las medias de los tratamientos en diámetro ecuatorial. AS = ácido salicílico, A2, A4 y A6 = dos, cuatro y seis aplicaciones.

Peso promedio fruto

El tratamiento con el que las plantas presentaron los frutos con el mayor peso promedio fue el AS-M-A2, 9.5 % más peso en comparación de los frutos cosechados de las plantas son aplicación (Figura 30).

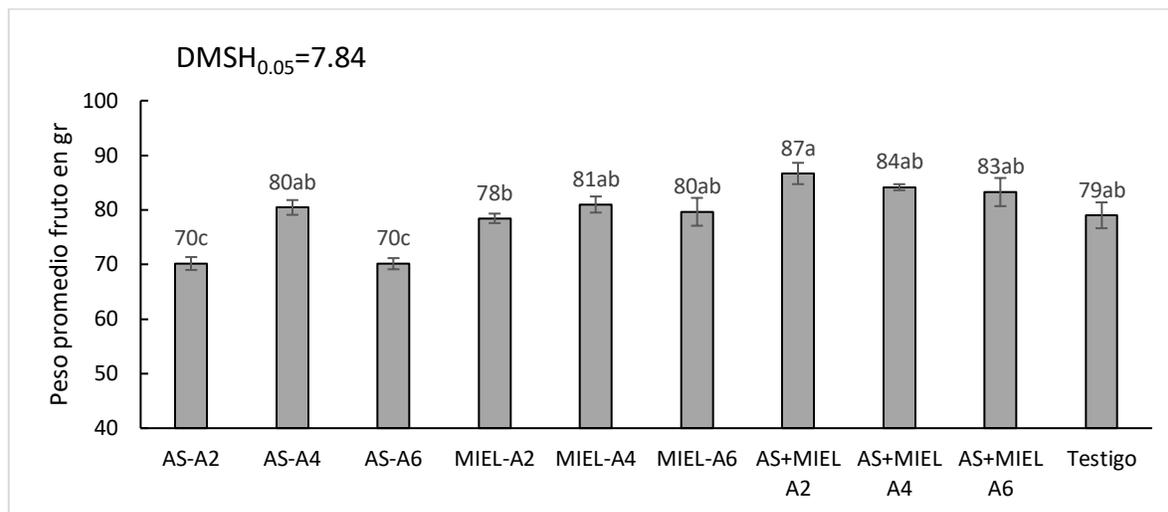


Figura 30. Comparación de las medias de los tratamientos en peso promedio de fruto. AS = ácido salicílico, A2, A4 y A6 = dos, cuatro y seis aplicaciones.

De acuerdo con Martin-Mex *et al.* (2012), la aplicación de ácido salicílico afecta positivamente el rendimiento de los cultivos como es el caso de la producción de papaya (*Carica papaya* L.) cv. Maradol roja (*Carisen*), que mediante aspersiones foliares de AS a las concentraciones de 0.01 μM , 0.001 μM y 0.0001 μM , aumentaron en promedio 2 % el peso del fruto, aunque el mejor resultado se presentó con el tratamiento 0.01 μM de AS con 2.01 kg por fruto, mientras que el resultado más bajo se mostró en el testigo con 1.97 kg por fruto.

Variables materia seca

Peso de la materia seca

El peso de la materia seca en hoja fue estadísticamente similar entre tratamientos (Figura 31).

Mientras que en tallo si hubo diferencias estadísticas significativas, con la aplicación de AS-A4 se obtuvieron 56 g de peso seco en tallo, lo que representa un incremento de un 15 % más de materia seca respecto a las plantas del testigo sin aplicación. Resultados que se pueden comparar con los obtenidos por Tucuch-Haas *et al.* (2017), en su investigación sobre el efecto del AS aplicado en las hojas de plantas de maíz (*Zea mays*) en condiciones de cielo abierto donde asperjo concentraciones de 0.1 y 1 μM de AS, más un testigo (agua destilada). Encontraron que la biomasa seca total aumentó en 48 % con 1 μM de AS, comparado con el testigo.

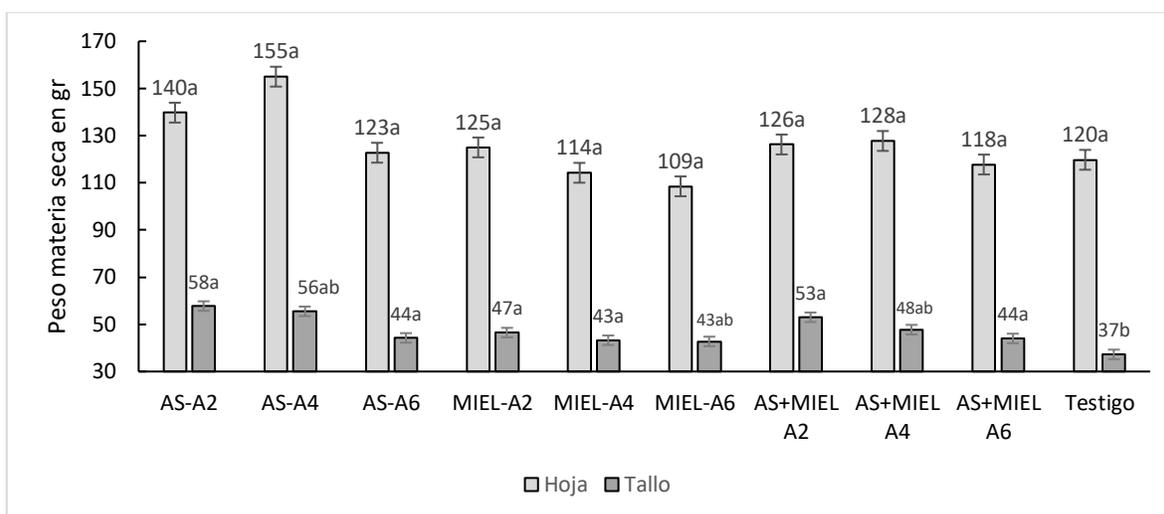


Figura 31. Comparación de las medias de los tratamientos en peso seco. AS = ácido salicílico, A2, A4 y A6 = dos, cuatro y seis aplicaciones.

Los resultados menos favorables se observan en el tratamiento de miel a 6 aplicaciones con 42.75 g en peso seco de tallo, que solo supera al testigo en un 15 %, incluso ese mismo tratamiento de miel en 6 aplicaciones redujo el peso seco de las hojas. Esto es similar a los resultados obtenidos por Uch-Samos *et al.* (2019) quienes encontraron que la aplicación de solución Steiner y miel de abeja a punto de goteo en plántulas de chile habanero bajo condiciones de invernadero tienen un efecto negativo en la medida de que el porcentaje de aplicación de miel aumente. La aplicación foliar de miel a 2 y 4 % y propóleo a 0.1, 0.3 y 0.5 % de abeja europea no tienen efectos positivos sobre el crecimiento aéreo y radical en plántulas de chile

habanero. Sin embargo, si observaron una mayor sanidad en las plántulas de chile habanero.

La respuesta positiva de la aplicación de ácido salicílico, miel solos y en combinaciones en cualquier número de aplicaciones sobre el rendimiento de frutos de tomate bajo condiciones de malla sombra se atribuyen a que se favoreció la cantidad de frutos por planta. En el caso de la aplicación de miel en cuatro aplicaciones, fue el tratamiento con el que se logró el mayor rendimiento de frutos, así como la más alta producción de frutos por planta, a pesar de no ser los frutos más grandes y pesados, tampoco fueron las plantas más altas o con la mayor producción de materia seca. En el caso de las plantas más altas fue con el suministro de ácido salicílico en dos aplicaciones con el que se estimuló esta variable. Mientras que, para peso promedio de frutos, fue con la combinación ácido salicílico más miel en dos aplicaciones el tratamiento que estimuló esta variable. Sin embargo, a pesar de este efecto positivo, no superó al efecto de la miel en cuatro aplicaciones en el rendimiento de frutos.

Estos resultados indican que, para el cultivo de tomate bajo condiciones de agricultura protegida en el sitio de producción, el suministro de miel en cuatro aplicaciones es una opción para incrementar el rendimiento de frutos.

CONCLUSIONES

- El suministro foliar de ácido salicílico, a plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de agricultura protegida, promueve la altura planta, cuando se suministra en dos aplicaciones.
- El diámetro del tallo, número de hojas de la planta, diámetro polar y ecuatorial de frutos y materia seca en hojas y tallos no se modificaron a causa de la aplicación de ácido salicílico y miel; ni con el suministro combinado de ácido salicílico más miel.
- El ácido salicílico combinado con miel en dos aplicaciones incrementó el peso de cada fruto.
- La aplicación de Ácido salicílico solo y combinado con miel en seis aplicaciones presentaron menor efecto sobre el rendimiento de frutos en comparación con el suministro en cuatro aplicaciones.
- En el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas el suministro de miel en cuatro aplicaciones generó el mayor rendimiento de frutos, debido a que se estimuló en mayor medida la cantidad de frutos por planta. Por lo que es el tratamiento más apropiado para mejorar la producción de este cultivo.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Rodríguez, C. E., Flores-Velázquez, J., Rojano-Aguilar, F., Ojeda Bustamante, W. e Iñiguez-Covarrubias, M. 2020. Estimación del ciclo de cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero, con base en grados días calor (GDC) simulados con CFD. *Tecnología y ciencias del agua*, 11(4): 27-57.
- Alvarado, M., Díaz, A. y Hernández, R. 2014. Tecnología para producir tomate en casa malla para el norte de Tamaulipas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 1-31 pp. Recuperado de: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/989.pdf>.
- Anchondo-Aguilar, A., Núñez-Barrios, A., Ruiz-Anchondo, T., Martínez-Téllez, J., Vergara-Yoisura, S. y Larqué-Saavedra, 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.
- Arfan, M., Athar, H. R. and Ashraf, M. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? *Journal of Plant Physiology*, 164: 687-694.
- Balbi, V. and A. Devoto. 2008. Jasmonate signalling network in *Arabidopsis thaliana*: crucial regulatory nodes and new physiological scenarios. *New Phytologist*. 177: 301-318.
- Barkosky, R. R. and Einhellig, F. A. 1993. Effects of salicylic acid on plant-water relationship. *Journal of Chemical Ecology*, 19(2): 237-247.
- Beatriz, S. 2004. La miel: propiedades, composición y análisis físico químico. Buenos Aires Argentina. Apimondia. 1 - 243 pp.
- Bennet, R. N. and Wallsgrave, R. M. 1994. Secondary metabolites in plant defense mechanisms. *New Phytologist*, 127(4): 617-633.

- Bergmann, H., Maachelett, L.V. and Geibel, M. 1994. Increase of stress resistance in crop plants by using phenolic compounds. International symposium on natural phenols in Plant resistance. *Acta Horticulture*, 381: 390-397.
- Betancourt-Olvera, M., Rodríguez-Mendoza, M., Sandoval-Villa, M. y Gaytán-Acuña, E. 2005. Fertilización foliar una herramienta en el desarrollo del cultivo de lillium cv. Stargazer. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(2): 371-378.
- Breusegem, F. V., Vranova, E., Dat, J. F. and Inze, D. 2001. The role of active oxygen species in plant signal transduction. *Plant Science*, 161(3): 405-414.
- Broekaert, W. F., Delaure, S. L., De Bolle, M. F. and Cammue, B. P. 2006. The role of ethylene in host-pathogen interactions. *Annual Review of Phytopathology*, 44: 393–416.
- Burbano, C. y Garcés, F. 2007. Control del virus de la hoja amarilla de la caña de azúcar (SCYLV) mediante técnicas de cultivo de tejidos en la variedad CR74-250. *Revista Tecnológica- ESPOL*, 20: 0257-1749.
- Castellanos, J. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. INTAGRI. 2-258 pp.
- Cestoni, F, De Jovel, G. y Urquilla, A. 2006. Perfil de negocios de tomate hacia el mercado de los Estados Unidos (en línea). El Salvador. 73 p.
- Chávez-Servia, J. L., Carrillo-Rodríguez, J. C., Vera-Guzmán, A. M., Rodríguez-Guzmán, E. y Lobato-Ortiz, R. 2011. Utilización actual y potencial del jitomate silvestre mexicano. Subsistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, CIIDIR Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional e Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca, México. 72 p.
- Cruz, R. W., Barrios, D. J. M., Rodríguez, M. M. N., Espinoza, V.D. y Tirado, T. J. L. 2016. Producción de plántulas de hortalizas con *Azospirillum* sp. y aspersión foliar de miel de abeja. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(1): 59-70.

- Cruzado, R. L., Gutiérrez, D. P. y Ruiz, S. G. 2007. Ensayo químico y efecto de antibiosis in vitro de la miel de abeja sobre microorganismos grampositivos y gramnegativos. *Revista Médica Vallejana*, 4(2): 95-109.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2010. INFOODS Food Composition Database for Biodiversity. Disponible en http://www.fao.org/infoods/tables_int_en.stm.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2020. Miel. Roma, Italia. Recuperado de: <https://www.fao.org/publications/card/es/c/CA4657ES/>
- Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica*, 41(2): 281-284.
- García E. 1982. Reguladores del crecimiento II. Efecto de las aspersiones de ácido acetilsalicílico sobre producción de grano en trigo. Tesis Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Quinta edición. Instituto de geografía-UNAM. México D.F. 90 p.
- Gómez, C. R., Rodríguez, M. M. N., Cárdenas, S. E., Sandoval, V. M. y Colinas, L. M. T. 2006. Fertilización foliar con silicio como alternativa contra la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* (Sheld) en tomate de cáscara. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12: 69-75.
- Gómez, L., Rodríguez, M. G., Enrique, R., Miranda, I. y González, E. 2009. Factores limitantes de los rendimientos y calidad de las cosechas en la producción protegida de hortalizas en Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 24(2): 117-122
- Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Cicek, N., Guneri, E., Eraslan, F. and Guzelordu, T. 2005. Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of

- multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 51(6): 687-695.
- Gutiérrez–Coronado, M., Trejo, L. C. and Larqué–Saavedra, A. 1998. Effect of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry*, 36(8): 563–565.
- Guzmán-Antonio, A., Borges-Gómez, L., Pinzón-López, L., Ruiz-Sánchez, E. y Zúñiga-Aguilar, J. 2012. Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero. *Agronomía Mesoamericana*, 23(2): 247-257.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmental and Experimental Botany*, 68: 14-25.
- Hayat, S., Ali, B., and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid: biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. In "Salicylic acid: A plant hormone", pp. 1-14. Springer.
- Hernández-Martínez, J., García-Mata, R., Vaca, A., Valdivia-Alcalá, R. y Omaña-Silvestre, J. M. 2004. Evolución de la competitividad y rentabilidad del cultivo del tomate rojo (*Lycopersicon esculentum* L.) en Sinaloa, México. *Agrociencia*, 38(4): 431-436.
- Humphreys, J. M. and Chapple, C. 2002. Rewriting the lignin roadmap. *Current Opinion in Plant Biology*, 5(3): 224-229.
- Infoagro Systems S. L. 2016. El cultivo de tomate: Parte I. (en línea). Madrid, España. S.p. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_i_.asp
- INTAGRI. 2018. Efectos del Ácido Salicílico en los Cultivos. Serie Nutrición Vegetal Núm. 110. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Recuperado de [https://www.intagri.com/60 edalyc 60 n/ 60 edalyc 60 n-vegetal/efectos-del-acido-salicilico-en-los-cultivos](https://www.intagri.com/60%20edalyc%20n/60%20edalyc%20n-vegetal/efectos-del-acido-salicilico-en-los-cultivos)

- INTAGRI. S. C. 2019. Importancia de la Radiación Solar en la Producción Bajo Invernadero. *Horticultura protegida*. 1-8 pp. Recuperado de: https://www.ecotec.edu.ec/material/material_2020a1_AGR100_01_135663.pdf
- Janda, K., Hideg, E., Szalai, G., Kovács, L. and Janda, T. 2012. Salicylic acid may indirectly influence the photosynthetic electron transport. *Journal of Plant Physiology*, 169(10): 971-978.
- Juárez-Maldonado, A., de Alba, R. K., Zermeño, G. A., Ramírez, H. y Benavides, M. A. 2015. Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5): 943-954.
- Khan, W., Prithviraj, B. and Smith, D. L. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal Plant Physiology*, 160(5): 485-492.
- Korkmaz, A. 2005. Inclusion of acetyl salicylic acid and methyl jasmonate into the priming solution improves low-temperature germination and emergence of sweet pepper. *HortScience*, 40(1): 197-200.
- Largia, M. J. V., Pothiraj, G., Shilpha, J. and Ramesh, M. 2015. Methyl jasmonate and salicylic acid synergism enhances bacoside a content in shoot cultures of *Bacopa monnieri* (L.). *Plant Cell, Tissu Organ Culture (PCTOC)*, 122: 9-20.
- Larqué–Saavedra, A., Martín, R., Nexticapan, A., Vergara, S. y Gutiérrez, M. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16(3): 183-187
- Larqué-Saavedra, A. 1978. The antitranspirant effect of acetylsalicylic acid on *Phaseolus vulgaris* L. *Physiologia Plantarum*, 43(2): 126-128.
- Loake, G. and M. Grant. 2007. Salicylic acid in plant defence-the players and protagonists. *Current Opinion in Plant Biology*, 10(5): 466-472.

- López-Elías, J., Rodríguez, J. C., Huez, M. A., Garza, S., Jiménez, J. y Leyva, E. I. 2011. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero. *Idesia*, 29(2): 21-27.
- Lorenzo, O. y R. Solano. 2005. Señalización de ácido jasmónico e interacciones con otras hormonas. *Biojournal*, 1-64.
- Martin-Mex, R., Nexticapan-Garcéz, R, Herrera-Tuz, R., Vergara-Yoisura, S. y Larqué-Saavedra, 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.
- Martínez-Valverde, I., Periago, M. J., Provan, G. and Chesson, A. 2002. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in comercial cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(3): 323-330.
- Mejorada-Cuellar, B., Zamora-Macorra, E., Vilchis-Zimuta, R. y Zamora-Macorra, M. 2020. Inductores de resistencia sistémica adquirida para el manejo del viroide de la papita mexicana en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Agro productividad*, 13(7): 75-80.
- Métraux, J. P. and I. Raskin. 1993. Role of phenolics in plant disease resistance. In *Biotechnology in Plant Disease Control*, ed. I Chet, 11:191–209. New York: JohnWiley & Sons.
- Muñoz, J. 2009. Manejo del cultivo de tomate en Invernadero. *En: Castellanos, J. Manual de producción de tomate en invernadero*. México: Editorial: Intagri. 45-92 p.
- Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-prensa.
- Pacheco, A. C., da Silva Cabral, C., da Silva Fermino, E. S. and Aleman, C. C. 2013. Salicylic acid-induced changes to growth, flowering, and flavonoids production in marigold plants. *Glob. Journal of Medicinal Plant Research*, 7(42): 3158-3163.

- Piñeros-Castro, Y., Otálvaro-Álvarez, A. y M. Velásquez-Lozano. 2009. Efecto de la aplicación de elicitores sobre la producción de 4 β -hidroxiwitánolido E, en raíces transformadas de *Physalis peruviana* L. *Universitas Scientiarum*, 14: 23-28.
- PROFECO (Procuraduría General del Consumidor). 2020. Jitomate, versátil y nutritivo. Gobierno de México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/profeco/articulos/jitomate-versatil-y-nutritivo?state=published#:~:text=El%20jitomate%20es%20un%20alimento,4%25%20son%20hidratos%20de%20carbono>.
- Rahman, K. A. and Zhang, D. 2018. Effects of fertilizer broadcasting on the excessive use of inorganic fertilizers and environmental sustainability. *Sustainability*, 10(3): 759.
- Ramírez-Florez, J., Ochoa-Martínez, D. L., Rodríguez-Mendoza, M. N. y Mora-Aguilera, G. 2006. Efecto del ácido acético salicílico, miel y melaza en la movilidad y concentración de TSW. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2): 239-243.
- Ramos, A. y Pacheco, N. 2016. Producción y comercialización de miel y sus derivados en México: Desafíos y oportunidades para la exportación. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. Mérida, México. 195 p.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant physiology and Plant Molecular Biology*, 43: 439-463.
- Rodrigues-Brandão, I., Moraes, K. A., Millech, E. A., Conceição, L. M., do Amarante, L., Peters, J. A. and Bolacel, B. E. J. 2014. Salicylic acid on antioxidant activity and betacyanin in production from leaves of *Alternanthera tenella*. *Ciencia Rural*, 44(10): 1893-1898.
- Rodríguez-Mendoza, M. N., Baca-Castillo, G., García-Cue, J. L. y Urrieta-Velázquez, J. A. 2015. Aclareo de frutos y aspersiones foliares de calcio y

- miel de abeja sobre la calidad de tomate tipo costilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(2): 197 – 204.
- Ruiz, M. J., Vicente, A. A., Montañez, S. J. C., Rodríguez, H. R. y Aguilar, G. C. N. 2012. Un tesoro percedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel. *Investigación y ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 54: 57-63.
- SAGARPA-ASERCA (2008). Secretaria de agricultura y desarrollo rural. Apoyos y servicios a la comercialización agrícola.
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1994. *Fisiología Vegetal*. Traducido por González, V. V. Edit. Iberoamérica, México. pp: 363-365.
- Sánchez-Chávez, E., Barrera-Tovar, R., Muñoz-Márquez, E. y Ojeda- Barrios, D. L. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17: 63-68.
- Sánchez, C. F. 2008. Propuesta Diseño Agronómico de los invernaderos para distintas regiones del País. In: Módulo II. Diseño Agronómico y Manejo de Invernaderos. Primer Curso de Especialización en Horticultura Protegida. Departamento de Fitotecnia, UaCh.
- Sánchez-Chávez, E., Barrera-Tovar, R., Muñoz-Márquez, E., Ojeda-Barrios, D. L. y Anchondo-Nájera, A. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional del chile jalapeño. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17: 63-68.
- Sánchez, G. R., Mercado, E. C., Peña, E. B., de la Cruz, H. R. y Pineda, E. G. 2010. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. *Biológicas*, 12(2): 90-95.
- Sandoval-Rangel, A., Benavides-Mendoza, A., Alvarado-Vázquez, M. A., Foroughbakhch-Pournavab, R., Núñez-González, M. A. y Robledo-Torres, V. 2011. Influencia de ácidos orgánicos sobre el crecimiento, perfil

bromatológico y metabolitos secundarios en Chile piquín. *Terra Latinoamericana*, 29(4): 395-401.

Semillaria. 2015. Clasificación taxonómica de tomate (en línea). S.p. Consultado 10 may. 2016. Recuperado de: en <http://semillaria.es/index.php/cultivos-ok/29-cultivos/94-taxonomia>

Shahba, Z., Baghizadeh, A. and Yosefi, M. 2010. The salicylic acid effect on the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) germination, growth and photosynthetic pigment under salinity stress (NaCl). *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 6(3): 4-16.

Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30(2):157-161.

Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q. and Qian, Q. 2006. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. *Plant Growth Regulation*, 48(2): 127-135.

SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Producción de tomate (jitomate). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Consultado el 11 de abril de 2022).

SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pecuaria) 2021. Panorama agroalimentario 2021. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2021/Panorama-Agroalimentario-2021 (Consultado el 11 de abril de 2022).

Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*, 39(2): 137-141.

- Sosa, M. C. and Weihs A. H. 1973: Use of molasses on bean to control *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood (Nematoda: Heteroderidae). *Nematropica*, 3(1): 18-19.
- Statistical Analysis System (SAS Institute) 2003. SAS/STAT User's Guide Release 9.1 ed, Cary, NC, USA.
- Tejeda, R. L., Rodríguez, V. C. y Coronado, M. A. G. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. *Terra Latinoamericana*, 16(1): 43-48.
- Thrasivoul, U. 2001. La relación entre las características físico-químicas de la miel y los parámetros de sensibilidad a la cristalización. *Apiacta*, 36: 106-112.
- Tzortzakis, N. G. and Economakis, C. D. 2008. Impacts of the substrate medium on tomato yield and fruit quality in soilless cultivation. *Horticultural Science*, 35: 83-89.
- Tucuch, C., Alcántar, G. y Larqué, A. 2015. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de la raíz y biomasa total de plántulas de trigo. *Terra Latinoamérica*, 33(1): 63-68.
- Tucuch-Haas, C., Alcántar-González, G., Trejo-Téllez, L. I., Volke-Haller, H., Salinas-Moreno, Y. y Larqué-Saavedra, A. 2017. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento, estatus nutrimental y rendimiento en maíz (*Zea mays*). *Agrociencia*, 51(7): 771-781.
- Uch-Samos, E., Interián-Ku, V. M., Cázares-Sánchez, E., Sánchez-Azcorra, P. S., Casanova-Villarreal, V. E. y González-Rodríguez, F. J. 2019. Propóleo y miel de *Apis mellifera*, complemento nutricional para la producción de plántulas de chile habanero. *Investigación y Ciencia*, 27(78): 34-42.
- Ulloa, J. A., Mondragón, P. M., Rodríguez, C. R., Reséndiz, J. A. y Rosas, P. 2010. La miel de abeja y su importancia. *Revista Fuente*, 2: 11-18.
- USAID. 2006. El Uso del Ácido Salicílico y Fosfonatos (Fosfitos) para Activar el Sistema de Resistencia de la Planta (SAR). Boletín técnico de producción,

- agosto 2006, USAID-RED, Oficina FHIA, La Lima, Cortes, Honduras.
- Valadez, López, A. 1998. Producción de hortalizas. Editorial Limusa S.A. de C.V. México, D.F.
- Valadez, L. A. 1993. Producción de Hortalizas. Ed. Limusa. 1ª Edición, 3ª Reimpresión. México D.F. Pág. 212-222.
- Valenzuela-López, M., Partida-Ruvalcaba, L., Díaz-Valdés, T., Velázquez-Alcaraz, T. d. J., Bojórquez-Bojórquez, G. y Enciso-Osuna, T. 2014. Respuesta del tomate cultivado en hidroponía con soluciones nutritivas en sustrato humus de lombriz-fibra de coco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5: 807-818.
- Vallad, G. E. and Goodman, R. 2004. Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Science*, 44: 1920–1934.
- Vázquez, D., Salas, L., Preciado, P., Segura, M., González, J. y Valenzuela, J. 2016. Efecto del ácido salicílico en la producción y calidad nutracéutica de frutos de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Pub. Esp. 17: 3405-3414.
- Villegas, T. O. G., Rodríguez M. M. N., Trejo T. L. I. y Alcántar G. G. 2001. Potencial de la miel de abeja en la nutrición de plántulas de tomate. *Terra Latinoamericana*, 19: 97-102.
- Vlot, A. C. Dempsey, D. A. and D. F. Klessig. 2009. Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual Review of Phytopathology*, 47: 177-206.
- Xu, M., Dong, J., Wang, H. and Huang, L. 2009. Complementary action of jasmonic acid on salicylic acid in mediating fungal elicitor-induced flavonol glycoside accumulation of Ginkgo biloba cells. *Plant Cell & Environment*, 32(8): 960-967.
- Yildirim, E. and Dursun, A. 2009. Effect of foliar salicylic acid applications on plant growth and yield of tomato under greenhouse conditions. pp. 395–400. Tüzel, Y. *et al.* Proc. IS on Prot. Cult. Mild Winter Climate. (eds.) *Acta Horticulturae*, 807 p.

ANEXOS

ANEXO 1. Análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para las variables morfológicas y de rendimiento.

Condición	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Levene	Grados libertad	Valor P
Altura de planta (cm)	835.20	69.60	4.42	12	0.0006*
Número de hojas	98.95	8.25	1.53	12	0.174
Diámetro de tallo (mm)	6.09	0.51	0.87	12	0.5882
Rendimiento (gr)	14981288.25	1248440.69	16.01	12	0.0001*
Número de frutos	2250.70	187.56	14.55	12	0.0001*
Diámetro polar de fruto (mm)	411.14	34.26	1.31	12	0.2686
Diámetro de ecuatorial de fruto (mm)	311.71	25.98	1.15	12	0.3635
Peso promedio fruto (gr)	1099.71	91.64	8.81	12	0.0001*

ANEXO 2. Efecto de los tratamientos sobre las variables morfológicas Tukey ($p < 0.05$) *.

Tratamiento	Altura planta		Número de hojas		Diámetro de tallo	
	16-ene	31-ene	16-ene	31-ene	16-ene	31-ene
AS-A2	77.00 ab	94.00 a	19.25 a	41.62 a	9.50 a	10.18 a
AS-A4	71.37 b	86.00 ab	19.25 a	39.75 a	10.40 a	10.40 a
AS-A6	78.12 ab	84.25 ab	19.25 a	37.62 a	10.10 a	10.10 a
MIEL-A2	83.25 ab	91.50 ab	20.75 a	40.00 a	10.06 a	10.06 a
MIEL-A4	80.75 ab	88.62 ab	18.25 a	39.50 a	9.80 a	10.01 a
MIEL-A6	88.62 a	91.75 ab	18.00 a	38.12 a	10.38 a	10.38 a
AS+MIEL A2	81.37 ab	90.62 ab	20.00 a	41.00 a	10.11 a	10.11 a
AS+MIEL A4	75.87 b	86.87 ab	20.25 a	39.50 a	10.61 a	10.67 a
AS+MIEL A6	79.50 ab	90.25 ab	19.00 a	40.00 a	9.61 a	9.61 a
Testigo	73.00 b	82.50 b	18.00 a	37.87 a	9.76 a	9.81 a

ANEXO 3. Efecto de los tratamientos sobre las variables de rendimiento Tukey (p < 0.05) *.

Tratamiento	Rendimiento	Numero de frutos	Diametro polar	Diametro ecuatorial	Peso promedio fruto
AS-A2	1739.8 cd	24.75 cde	57.10 a	47.60 a	70.16 c
AS-A4	2638.5 b	32.75 bc	60.25 a	51.00 a	80.43 ab
AS-A6	2476.5 b	35.25 b	58.95 a	50.25 a	70.13 c
MIEL-A2	2762.3 b	35.25 b	62.70 a	54.22 a	78.44 b
MIEL-A4	3639.3a	45.00a	61.95 a	52.67 a	80.97 ab
MIEL-A6	2294.8 bc	29.00 cde	56.75 a	48.22 a	79.64 ab
AS+MIEL A2	2539.7 b	29.25 cde	66.75 a	57.12 a	86.66 a
AS+MIEL A4	2605.0 b	31.00 bc	57.12 a	51.05 a	84.14 ab
AS+MIEL A6	1780.8 cd	21.50 de	60.87 a	53.20 a	83.25 ab
Testigo	1342.5 d	17.00 e	59.72 a	51.42 a	79.13 ab

ANEXO 4. Análisis de varianza (p ≤ 0.05) para las variables de peso seco.

Condición	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Levene	Grados libertad	Valor P	
Num hojas A2	3.41667	6.9167	0.493976	3	0.693150	ns
Hoja A2	98.51563	145.1823	0.678565	3	0.581781	ns
Tallo A2	52.16667	14.4167	3.618497	3	0.045484	
Num hojas A4	39.0000	1.72222	22.64516	3	0.000307	
Hoja A4	8.0833	56.88889	0.14209	3	0.869452	ns
Tallo A4	14.0833	11.55556	1.21875	3	0.340096	ns
Num hojas A6	4.7500	6.52778	0.72766	3	0.509417	ns
Hoja A6	224.3958	92.85417	2.41665	3	0.144519	ns
Tallo A6	1.0833	3.88889	0.27857	3	0.763159	ns

ANEXO 5. Efecto de los tratamientos sobre las variables de peso seco Tukey (p< 0.05) *.

Tratamiento	Num hojas A2	Hoja A2	Tallo A2	Num hojas A4	Hoja A4	Tallo A4	Num hojas A6	Hoja A6	Tallo A6
TESTIGO	45.25a	119.75a	37.25a	45.25a	119.75a	37.25a	45.25a	119.75a	37.25a
MIEL	46.75a	125a	46.5a	42.25a	114.25a	43.25a	43.5a	108.5a	42.75a
ASA+MIEL	48.5a	126.25a	53a	42.25a	127.75a	47.75ab	45.5a	117.75a	44a
ASA	49.5a	139.75a	57.75a	42.25a	155a	55.5ab	46.5a	122.75a	44.25a