

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA -USAC-
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS -CUSAM-
CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA
SOSTENIBLE



INFORME DE SEMINARIO II

EFFECTO DE APLICACIONES DE ÁCIDO SALICÍLICO EN LA PRODUCCIÓN DE
TOMATE *Solanum lycopersicum L.* BAJO INVERNADERO EN DOS LOCALIDADES
DEL ALTIPLANO DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS, GUATEMALA.

POR:

Estuardo Roberto Gonzáles Hernández

CARNE: 200942435

ASESOR PRINCIPAL

Ing. Agr. Plutarco Emanuel Morales González

ASESOR ADJUNTO

Ing. Agr. Cristóbal René Navarro

SAN MARCOS, FEBRERO DE 2019

Índice

Lista de abreviaturas	VII
Abstract	VIII
Resumen.....	IX
1. Introducción	1
2. Definición del problema	3
3. Justificación	5
4. Marco teórico	7
4.1 Aspectos taxonómicos.....	7
4.1.1. Requerimientos nutricionales del tomate.....	7
4.2 Importancia del cultivo de tomate en Guatemala.....	8
4.3 Antecedentes del uso del AS en la agricultura de Guatemala.....	8
4.4 Antecedentes del uso del AS.....	9
4.5 Reguladores de crecimiento.....	10
4.6 Ácido salicílico (AS).....	11
4.6.1 Generalidades	11
4.6.2 Biosíntesis del AS.....	12
4.6.3 Papel de los salicilatos en las plantas.....	12
4.6.4 Efecto de los salicilatos en las plantas.....	12
4.6.4.1 Efecto positivo de AS en la fisiología del estrés.....	12
4.6.4.2 <i>Efecto positivo del AS en el sistema radicular</i>	13
4.7 Rentabilidad	15
4.7.1 <i>Métodos de estimación de la rentabilidad</i>	15
5. Marco referencial.....	17
5.1 Esquipulas Palo Gordo.....	17
5.1.1 localización y extensión.....	17

5.1.2	Aldea San José Las Islas, Municipio de San Marcos.....	18
6.	Objetivos.....	19
6.1	General.....	19
6.2	Específicos.....	19
7.	Hipótesis.....	20
8	Metodología.....	21
8.1	Métodos.....	21
8.1.1	Método de la investigación.....	21
8.1.2	Materiales.....	21
8.1.2	Método para el análisis económico.....	21
8.2	Diseño experimental.....	22
8.3	Tratamientos.....	22
8.4	Tamaño de la unidad experimental.....	22
8.5	Modelo estadístico.....	24
8.6	Variables de respuesta.....	25
8.7	Análisis de la información.....	25
8.8	Manejo del experimento.....	25
8.8.1	Solicitud de pilones:.....	26
8.8.2	Aplicación de AS.....	26
8.8.3	Toma de muestras para análisis de suelo:.....	27
8.8.4	Preparación del terreno:.....	27
8.8.5	Trasplante.....	27
8.8.6	Tutorado.....	27
8.8.7	Podas de brotes axilares.....	28
8.8.8	Fertilización.....	28
8.8.9	Riego.....	28
8.8.10	Control de plagas.....	28
8.8.11	Control de enfermedades.....	29

9.8.12 Control de malezas.....	29
9.8.13 Cosecha	29
9.8.14 Toma de datos.....	29
9. Análisis y discusión de resultados.....	30
9.1 Localidad No. 1 Esquipulas Palo Gordo, Departamento de San Marcos.....	30
9.1.1 Altura de planta.....	30
9.1.2 Diámetro del tallo.....	32
9.1.3 Numero de racimos por planta.....	34
9.1.4 Numero de flores por racimo	35
9.1.5 Número de frutos por racimo	37
9.1.6 Diámetro del fruto	39
9.1.7 Peso de fruto	41
9.1.8 Rendimiento por planta.....	45
9.1.9 Rendimiento por hectárea.....	47
9.1.10 Rentabilidad.....	49
9.2 Localidad No. 2 San José Las Islas, San Marcos, Departamento de San Marcos.	51
9.2.1 Altura de planta.....	52
9.2.3 Numero de racimos por planta.....	55
9.2.4 Número de flores por racimo	57
9.2.5 Número de frutos por racimo	59
9.2.6 Diámetro del fruto	62
9.2.7 Peso por fruto	64
9.2.8 Rendimiento por planta.....	67
9.2.9 Rendimiento por hectárea.....	70
9.2.10 Rentabilidad.....	73
10. Conclusiones	76
11. Recomendaciones.....	78
12. Referencias Bibliográficas.....	79
13. Anexos.....	83

Índice de gráficas

Gráfica 1 Efecto del ácido salicílico en la altura de planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.	31
Gráfica 2 Efecto del ácido salicílico en el diámetro de tallo de planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.	33
Gráfica 3 Efecto del ácido salicílico en el número de racimos por planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.	34
Gráfica 4 Efecto del ácido salicílico en el número de flores por racimo por planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.....	36
Gráfica 5 Efecto del ácido salicílico en el número de frutos por racimo por planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.....	38
Gráfica 6 Gráfica 6. Efecto del ácido salicílico en el diámetro del fruto de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.	40
Gráfica 7 Efecto del ácido salicílico en el peso de fruto por planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.	41
Gráfica 8 Efecto del ácido salicílico en la calidad de frutos de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.	44
Gráfica 9 Efecto del ácido salicílico en rendimiento por planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.	45
Gráfica 10 Efecto del ácido salicílico en rendimiento por hectárea de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.	47
Gráfica 11 Efecto del ácido salicílico en altura de planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos.....	52
Gráfica 12 Efecto del ácido salicílico en el diámetro del tallo de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos.....	54
Gráfica 13 Efecto del ácido salicílico en el número de racimos por planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos.	56
Gráfica 14 Efecto del ácido salicílico en el número de flores por racimo de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos.	58

Gráfica 15 Efecto del ácido salicílico en el número de frutos por racimo de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos	60
Gráfica 16 Efecto del ácido salicílico en el diámetro de fruto de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos.....	62
Gráfica 17 Efecto del ácido salicílico en el peso de fruto de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos.....	64
Gráfica 18 Efecto del ácido salicílico en la calidad de frutos de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José Las Islas, San Marcos.....	67
Gráfica 19 Efecto del ácido salicílico en el rendimiento por planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos	68
Gráfica 19 Efecto del ácido salicílico en el rendimiento por hectárea de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos	71

Índice de cuadros

Cuadro 1 Los tratamientos evaluados son.	22
Cuadro2. Análisis de varianza para altura de planta de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo.....	31
Cuadro3 Análisis de varianza para diámetro de tallo de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos Palo Gordo, San Marcos.....	33
Cuadro4 Análisis de varianza para diámetro de tallo de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos Palo Gordo, San Marcos.....	35
Cuadro5 Análisis de varianza para número de flores por racimo por planta de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos	36
Cuadro6 Análisis de varianza para número de frutos por racimo por planta de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos	39
Cuadro 7 Análisis de varianza para diámetro de frutos de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.....	40
Cuadro 8 Análisis de varianza para peso de fruto de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos	42
Cuadro9 Efecto del ácido salicílico en la calidad en peso de los frutos de tomate híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.....	43

Cuadro10 Análisis de varianza para el rendimiento por planta de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.....	46
Cuadro 11 Análisis de varianza para el rendimiento hectárea de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.....	48
Cuadro12 Tasa interna de retorno proyectada por hectárea y por metro cuadrado de los tratamientos evaluados, Esquipulas Palo Gordo, Esquipulas Palo Gordo.	50
Cuadro13 Análisis de varianza para la altura de planta de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos.....	53
Cuadro14 Análisis de varianza para el diámetro del tallo de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos.....	54
Cuadro15 Análisis de varianza para el numero de racimos por planta de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos.	56
Cuadro16 Análisis de varianza para el numero de flores por racimo de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos.	58
Cuadro17 Análisis de varianza para el numero de frutos por racimo de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos.	61
Cuadro18 Análisis de varianza para el diámetro de fruto de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos.	63
Cuadro19 Análisis de varianza para el peso de fruto de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos.	65
Cuadro20 Efecto del ácido salicílico en la calidad en peso de los frutos de tomate híbrido Blindado, San José Las Islas, San Marcos.....	66
Cuadro21 Análisis de varianza para el rendimiento por planta de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos.....	69
Cuadro22 Análisis de varianza para el rendimiento por hectárea de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos.....	72
Cuadro23 Tasa interna de retorno proyectada por hectárea y por metro cuadrado de los tratamientos evaluados, San José Las Islas, San Marcos.....	74

Lista de abreviaturas

USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
CUSAM	Centro Universitario de San Marcos
CRIA	Consortio Regional de Investigación Agropecuaria
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola
MAGA	Ministerio de Agricultura y Ganadería y Alimentación.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
AS	Ácido Salicílico
M	Molar
G.	Gramos
l	Litros
Kg/Ha	Kilogramos por Hectárea.
RAS	Resistencia Sistémica Adquirida.

Abstract

The Diagnosis of the tomato chain carried out in Western Guatemala by the Regional Agricultural Research Consortium CRIA in 2016, evidenced the need to investigate the effects of salicylic acid applications on tomato production under greenhouse conditions in two locations of the department of San Marcos.

The investigation was carried out in San José las Islas Village, San Marcos and the municipal seat of the municipality of Esquipulas Palo Gordo; consisted of applying salicylic acid to the foliage in concentrations of 10⁻⁵ molar (M), 10⁻⁶ M, 10⁻⁷ M, 10⁻⁸ M and without application as a control at 7, 14 and 21 days after transplanting to seedlings of indeterminate tomato hybrid F1 Armored.

The application of Salicylic Acid manifested to have an effect on the behavior of the plants, produced a greater quantity of fruits and a greater yield on the control; statistically significant difference was evidenced for the variables of fruits per bunch, yield per plant and yield per hectare.

The 10⁻⁵ M treatment yields in Esquipulas Palo Gordo were 72% higher than the control. In San José las Islas, there was an increase of 91% higher than the corresponding control of 10⁻⁵ Molar treatment.

The net profit (per square meter) of production was Q137.10 / m², the witness produced a profit of Q46.10 / m² in Esquipulas Palo Gordo, San José Las Islas the gains amounted to Q112.28 / m² of production, while the witness obtained a profit of Q20.85 / m².

Resumen.

El Diagnóstico de la cadena del tomate realizado en el occidente de Guatemala por el Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria CRIA en el año 2016, evidenció la necesidad de investigar los efectos de aplicaciones de ácido salicílico en la producción de tomate bajo condiciones de invernadero en dos localidades del departamento de San Marcos.

La investigación se realizó en Aldea San José Las Islas, San Marcos y la cabecera municipal del municipio de Esquipulas Palo Gordo; consistió en realizar aplicaciones de ácido salicílico al follaje en concentraciones de 10^{-5} molar (M), 10^{-6} M, 10^{-7} M, 10^{-8} M y sin aplicación como testigo a los 7, 14 y 21 días después del trasplante a plántulas de tomate indeterminado híbrido Blindado F1.

La aplicación de Ácido Salicílico manifestó tener un efecto sobre el comportamiento de las plantas, produjo una mayor cantidad de frutos y un mayor rendimiento sobre el testigo; estadísticamente se evidenció diferencia significativa para las variables de frutos por racimo, rendimiento por planta y rendimiento por hectárea.

Los rendimientos del tratamiento de 10^{-5} M en Esquipulas Palo Gordo fueron superior en el 72% con respecto al testigo. En San José Las Islas, existió un incremento de 91% superior al testigo correspondiente del tratamiento de 10^{-5} Molar.

La ganancia neta (por metro cuadrado) de producción fue de Q137.10/m², el testigo produjo una ganancia de Q46.10/m² en Esquipulas Palo Gordo, San José Las Islas las ganancias ascendieron a Q112.28/m² de producción, mientras que el testigo obtuvo una ganancia de Q20.85/m².

1. Introducción

El tomate en Guatemala ha alcanzado niveles intermedios de tecnología, cultivándose en época de invierno y verano. El uso de invernaderos permite a los agricultores obtener cosechas por un periodo prolongado, como la obtención de mayor rendimiento y mejor calidad de fruto.

El ácido salicílico (AS) es uno de los numerosos compuestos fenólicos que está presente en las plantas, pertenece al grupo de los salicilatos, cuya característica química los relaciona por presentar el radical 2-hidroxibenzoico, como el ácido acetilsalicílico y el metilo de ácido salicílico (Weissman, 1991; Klessig y Malamy, 1994).

El ácido salicílico tiene propiedades benéficas en el sistema radicular, tallo, hojas, flores, frutos y reduce la incidencia de enfermedades al ser promotor de la resistencia adquirida y sistémica de las plantas (RAS).

Para contribuir a la investigación de los efectos del ácido salicílico en la producción de tomate se realizó la investigación: efecto de aplicaciones de ácido salicílico en la producción de tomate *Solanum lycopersicum* L. Bajo invernadero en dos localidades del altiplano del departamento de San Marcos, Guatemala.

Los objetivos de la investigación fueron, determinar el efecto de aplicaciones de AS en el crecimiento de la planta y producción de frutos del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero, evaluar el crecimiento en altura, diámetro de tallo, racimos por planta, flores por racimo, frutos por racimo, diámetro y peso de frutos, rendimiento por planta, rendimiento por hectárea y determinar la dosis de AS que produzca la rentabilidad más alta.

La investigación se realizó en dos localidades, en Aldea San José las Islas, del Municipio de San Marcos, en la cabecera municipal del municipio de Esquipulas Palo Gordo, ambos del departamento de San Marcos.

Se utilizó el diseño experimental totalmente irrestricto al azar en el cual se evaluaron cuatro tratamientos los cuales son 10^{-5} M, 10^{-6} M, 10^{-7} M y 10^{-8} M y un testigo al cual no se le aplicó ningún tratamiento; se trabajó con el tomate híbrido indeterminado Blindado F1.

Las variables que se evaluaron fueron, altura de planta, diámetro de tallo, racimos por planta, flores por racimo, frutos por racimo, diámetro de fruto, peso de fruto, rendimiento por planta y por hectárea y rentabilidad. Finalmente se realizó un análisis de varianza, comparación de medias por el método de Tukey ($P = 0.05$) y análisis de correlación, esto se realizó con el paquete estadístico INFOSTAT.

El tratamiento 10^{-5} M presentó mejor rendimiento en la producción con respecto al testigo en las localidades de Esquipulas Palo Gordo en un 72% y San José Las Islas un 91%. Asimismo, los tratamientos 10^{-5} M y 10^{-7} M manifestaron tener las mayores tasas de retorno, en Esquipulas Palo Gordo fue de Q137.10/m² y San José las Islas Q112.28/m² en ganancias.

2. Definición del problema

La agricultura en Guatemala ha evolucionado debido a la demanda de alimentos en el mercado nacional e internacional. Por ello, el sector hortícola está cambiando su sistema de producción, que va en función de generar nuevas tecnologías y sistemas de producción que garanticen la rentabilidad de los cultivos (MAGA, 2014).

El Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA, 2014) indica que en Guatemala el tomate es una de las hortalizas de mayor consumo; siendo importante en la dieta alimenticia de los guatemaltecos por su sabor y alto valor nutritivo y que durante el año 2014, la cosecha de tomate alcanzó los 7,123,700 quintales en una superficie de 9,014.52 hectáreas, y debido a su importancia económica, se encuentra relacionada directa o indirectamente con la fuente de empleo para un número considerable de familias guatemaltecas.

Según el Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria (CRIA), en su diagnóstico de la cadena de valor del cultivo de tomate que realizó en el territorio de Quetzaltenango, Huehuetenango y San Marcos, determinó que la baja productividad en el cultivo de tomate en la región de occidente, es por los altos costos de producción, existe baja rentabilidad y competitividad debido que no se cuenta con programas de investigación de apoyo.

El diseño de la infraestructura actual para la producción de tomate aún no reúne las condiciones y requerimientos necesarios, el uso de productos amigables con el ambiente aún es caro siendo poco accesible a los productores, y que además que existe falta de tecnologías apropiadas en la producción de este cultivo.

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA, 2010) indica que la producción de tomate bajo condiciones de invernadero es una buena opción tecnológica para los pequeños productores de Guatemala. La Universidad del Valle de Guatemala señala que los rendimientos en invernaderos de baja tecnología son de 136 toneladas, de media tecnología es de 250 toneladas y hasta 400 toneladas por hectárea de tomate aproximadamente en invernaderos de alta tecnología, de primera y segunda calidad.

Ponce (2013) reporta que, en México, para invernaderos de nivel medio de tecnología, los rendimientos de tomate se encuentran de 200-250 toneladas por hectárea y hasta 600 toneladas por hectárea en invernaderos de alta tecnología.

El consorcio Regional de Investigación Agropecuaria (CRIA), menciona que la utilización de fitohormonas para el incremento del rendimiento es una nueva alternativa tecnológica para los productores de tomate en nuestra región.

En Guatemala no se reporta una investigación sobre los efectos del AS en el aumento del rendimiento de la producción en cultivos de importancia en nuestro país.

Las pocas referencias indican la falta de información e investigación referente a los efectos que el AS como regulador de crecimiento pueda tener en la producción del cultivo de tomate. Surge la siguiente pregunta **¿Cómo impacta en la producción final las aplicaciones de AS en bajas concentraciones en el cultivo de tomate en dos localidades del altiplano del departamento de San Marcos, Guatemala?**

3. Justificación

El tomate *Solanum lycopersicum* L. es un cultivo de gran importancia para la población guatemalteca debido a su sabor y alto contenido de minerales, antioxidantes y vitamina A, B y C, además, posee pocas calorías y grasas, ideal para mantener una dieta balanceada a bajo costo, propicio para familias de escasos recursos (MAGA, 2007).

La producción de tomate a nivel nacional se encuentra distribuida en los departamentos de Jutiapa 20%, Baja Verapaz 20%, Chiquimula 11%, Guatemala 8%, Zacapa 7%, El Progreso 6%, Alta Verapaz 6%, Jalapa 5%. (MAGA, 2007)

El Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria (CRIA, 2016) indica que la producción de tomate en occidente no cubre la demanda del mercado local, a causa de la baja productividad del cultivo y que para el departamento de San Marcos en la actualidad, no existe una organización regional o departamental de apoyo en la producción de tomate, ya que es mínima y representa menos del 17% de la producción nacional, por lo cual, propone el uso de fitohormonas para ayudar a aumentar la producción del cultivo de tomate en el departamento de San Marcos.

A pesar de las tecnologías utilizadas en este cultivo los rendimientos no son los suficientes para cubrir la demanda actual del producto, debido a problemas fitosanitarios, instalaciones inapropiadas de siembra, uso inapropiado de plaguicidas entre otros, son algunos factores que influyen en el bajo rendimiento de las cosechas.

En la actualidad el uso de los reguladores de crecimiento en el desarrollo de la agricultura es uno de los factores clave en el aumento de la productividad. El AS es un componente reconocido como una hormona vegetal (Raskin, 1992). Dentro de los papeles fisiológicos que se le atribuyen se encuentra la inducción de crecimiento de las plantas, inducción a la floración, resistencia y tolerancia al estrés y aumento en rendimiento de frutos en las plantas (Janda, et al, 2007).

Por lo que es necesario investigar sobre nuevas tecnologías para obtener mejores resultados en el rendimiento de las cosechas en el altiplano del departamento de San Marcos.

Se propone investigar los efectos del AS como fitohormona ya que es un producto que no se necesita de grandes cantidades para observar sus efectos, es de fácil aplicación, no representa ningún riesgo para el productor que los aplique y no causa ningún efecto perjudicial al ambiente como los insecticidas o fungicidas que tienen grandes repercusiones en la biodiversidad del agroecosistema.

Por lo anterior, se debe de evaluar el efecto del AS en el cultivo del tomate en el altiplano guatemalteco en parámetros de crecimiento y producción del cultivo de tomate.

4. Marco teórico

4.1 Aspectos taxonómicos

Perteneciente a la familia de las solanáceas, es originario de la América andina, pero fue en México donde se adaptó para el cultivo, y posteriormente fue llevado por españoles y portugueses al resto del mundo (MAGA 2014). Perteneció al género *Solanum* y la especie es *Lycopersicum* L. (ICTA 2011).

4.1.1. Requerimientos nutricionales del tomate

Dependiendo de las condiciones concretas de cada caso (fertilidad del suelo, clima, tipos de riego, etc.), la fertilización del tomate varía notablemente.

El análisis previo del suelo es necesario. En general, los fertilizantes se aplican según las extracciones estimadas del cultivo. Aunque la variabilidad de extracciones es enorme y están influidas por el tipo de poda seguido y, especialmente por el momento del corte de brotes axilares por lo cual es recomendable el deshije o deschuponado como se le llama en Guatemala para evitar extracciones poco útiles al cultivo (Nuez, 1999).

De manera general los requerimientos nutricionales en cuanto a nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio se refieren en el cultivo de tomate *Solanum Lycopersicum* L.

Según Fertilizer, 2015. los requerimientos nutricionales del cultivo de tomate ($t\ ha^{-1}$):

Invernadero:	N: 370 g ; P: 63 g ; K: 560 g ; Ca: 205 ; Mg; 67. S: 40 B:10
Campo abierto:	N: 136 g ; P: 24 g ; K: 192 g ; Ca: 240 ; Mg; 22. S: 40 B:10
Hidroponia:	N: 245 g ; P: 39 g ; K: 400 g ; Ca: 240 ; Mg; 55. S: 40 B:10

4.2 Importancia del cultivo de tomate en Guatemala

La Unidad de Políticas e Investigación Estratégica (UPIE) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) informa que para el año 2007 en Guatemala se cultivaron 7,058 hectáreas con una producción de 285,764 toneladas métricas.

El tomate que se produce en Guatemala, se destina principalmente para el mercado nacional, ya que en el año 2007 el Banco de Guatemala (BANGUAT) reporta exportaciones por una cantidad de 17,482 toneladas métricas, que solo constituyen el cinco por ciento de la producción.

El consumo per cápita anual aparente en Guatemala, según la información del BANGUAT y el Instituto Nacional de Estadística (INE), es de 21.13 kilogramos. Por lo que se considera que es uno de los vegetales que en mayor cantidad se consume en Guatemala, tanto en el área urbana como en el área rural.

La producción de tomate bajo condiciones de invernadero es una actividad que crece continuamente. Ya que las producciones a campo abierta han disminuido por la presencia de insectos y enfermedades. Así mismo, se ha abierto un nuevo frente de comercialización, al iniciarse las exportaciones de tomate manzano producido en invernadero hacia el mercado de los Estados Unidos en el año 2,006 (ICTA 2011).

Según datos del MAGA (2014) el área cosechada de tomate fue de 12,900 manzanas (9,014.52 Ha.) y la cosecha fue de 7,123,700 quintales para un rendimiento de 552.22 quintales por manzana (cifras estimadas).

4.3 Antecedentes del uso del AS en la agricultura de Guatemala

Pagliara Valz (2014) realizó una investigación en Tecpán Guatemala en el departamento de Chimaltenango para el control de mildiu polvoriento (*Sphaerotheca pannosa*) en el cultivo de rosa utilizando dentro de sus tratamientos el AS en dosis de

1, 2 y 4 gramos por litro de agua. Teniendo como resultado una menor severidad de cenicilla utilizando AS en dosis de 2 g/L, además obtuvo una tasa de retorno marginal de 7.79 con el mismo tratamiento.

4.4 Antecedentes del uso del AS

Anchondo-Aguilar et al. (s.f) realizando aplicaciones de AS en plantas de fresa logró estimular el proceso de floración, incrementó la altura de la planta, el número de hojas y frutos en relación con el testigo. Ocho semanas después de las aplicaciones de AS, en plantas control había un promedio de 1.5 frutos.planta⁻¹, mientras que en las plantas tratadas con 0.0001 μM incrementó en promedio a 5.1 frutos.planta⁻¹. May Pat (2005) determinó el efecto de AS en el crecimiento de la planta y producción de frutos de chile habanero (*Capsicum chinense*, Jacq.) en invernadero, obteniendo incremento en la altura de plantas de hasta un 12%, un incremento de hasta 23% en el diámetro de las plantas, el número de frutos por planta se incrementó hasta un 26%; además el AS indujo precocidad en el cultivo al obtener una producción de 3.45 ton.Ha⁻¹ mientras que el testigo solo produjo 1.83 ton.Ha⁻¹ en el corte 1, lo cual representa un incremento del 88% mayor que el testigo.

Ramírez (2012) evaluó el efecto del AS en el crecimiento y desarrollo de un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var. Forhook) observando que el AS favoreció satisfactoriamente el crecimiento y desarrollo de un cultivo de acelga, pues incrementó la parte cosechable.

Larqué-Saavedra et al. (s.f.) asperjó concentraciones bajas de AS a plántulas de tomate para estimar su efecto en la altura, el área foliar, el peso fresco y seco del vástago, así como la longitud, el perímetro y el área de la raíz. Dándole como resultado un incremento en la longitud de la raíz de hasta 43%, 14.8% en el tamaño del tallo y 38.6% el área foliar en comparación con el control.

Así mismo Larqué-Saavedra et al. (2009) realizó en Campeche una investigación en la cual evaluó el efecto del AS en el crecimiento y la bioproductividad de chile

habanero y de tomate, teniendo como resultado un incremento de la producción de hasta 30% en chile habanero y 20% en tomate.

Rodríguez Larramendi et al. (2008) realizó un experimento para estudiar el efecto fisiológico de las aplicaciones de bajas concentraciones de AS en semillas de tomate, los resultados que obtuvo demostraron que las plantas provenientes de semillas tratadas con AS desarrollaron mayor área foliar y biomasa de hojas, tallo y raíz. Además, las plantas produjeron mayor cantidad de ramas secundarias y el número de racimos por planta y flores por planta fue superior.

Javaheri et al. (2011) en el centro de investigación de Shirvan Agricultural Faculty de Irán estudió los efectos del AS en tomate, teniendo como resultados un aumento en la acumulación de biomasa lo cual lo condujo a una mayor productividad, así como el contenido de licopeno, vitamina C y los grados Brix del fruto.

4.5 Reguladores de crecimiento

Los reguladores de crecimiento, son compuestos orgánicos naturales, que en pequeñas cantidades pueden fomentar, inhibir o modificar el crecimiento de las plantas lo cual hace que estas ejerzan una profunda influencia en los procesos fisiológicos (Cossio 2013).

Según su naturaleza los reguladores de crecimiento se pueden clasificar en hormonas naturales, aquellas que se encuentran en los vegetales y los reguladores sintéticos, aquellos obtenidos por síntesis química (Cossio 2013).

Otra clasificación puede ser de acuerdo a su acción en la planta: los que fomentan el crecimiento (promotores), inhibidores de crecimiento (inhibidores) y los que retardan (retardantes) (Cossio 2013).

Jankiewicz, citado por May (2005) indica que los reguladores de crecimiento se han clasificado en cinco grupos: auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico y etileno.

Actualmente hay otras sustancias que se clasifican como reguladores de crecimiento vegetal, tal es el caso del ácido jasmonico, compuestos fenólicos y ácido salicílico.

4.6 *Ácido salicílico (AS)*

4.6.1 Generalidades

El AS pertenece a un grupo diverso de compuestos fenólicos vegetales, un fenol se define como una sustancia que posee un anillo aromático y que lleva un grupo hidroxilo o su derivado funcional. Los fenólicos vegetales han sido a menudo referidos como metabolitos secundarios. El término "secundario" se refiere a que estos compuestos son de menor importancia para la planta y, a veces pueden compararse a los productos de desecho. Esto ha ido cambiando debido a que muchos compuestos fenólicos juegan un papel esencial en la regulación del crecimiento de las plantas, el desarrollo, y la interacción con otros organismos (Raskin 1992).

Por ejemplo, los compuestos fenólicos son esenciales para la biosíntesis de la lignina, un importante componente estructural de las paredes celulares de las plantas. Además, los compuestos fenólicos, como las fitoalexinas, se han asociado con las defensas químicas de las plantas contra los microbios, insectos y herbívoros (Raskin 1992).

El AS es un polvo cristalino que funde a 157-159 °C. Es moderadamente soluble en agua y muy soluble en disolventes orgánicos polares. El pH de una solución acuosa saturada de AS es 2.4 (Raskin 1992).

Weissman citado por May (2005) indica que la característica química del AS es la presencia del radical 2-hidroxibenzoico.

Cleland y Ajami, citado por May (2005) indican que el AS se produce en hojas jóvenes, meristemas florales y vegetativos y se transporta por el floema.

4.6.2 Biosíntesis del AS

El mecanismo más importante para la formación de ácidos benzoicos en plantas, es la degradación de la cadena lateral de los ácidos cinámicos, los cuales son importantes intermediarios en la ruta del ácido shikímico (Raskin 1992).

4.6.3 Papel de los salicilatos en las plantas

El AS, es una hormona vegetal de origen natural que actúa como molécula de señalización que contribuye a la tolerancia a estreses abióticos. También tiene efectos en el crecimiento, la absorción de iones y su transporte. Otro efecto en el cual también está implicado es en la señalización endógena para desencadenar defensas de la planta contra patógenos. Se puede atribuir este efecto debido al aumento en la asimilación de CO₂, la tasa de fotosíntesis y el aumento de la absorción de minerales (Rigi 2014).

4.6.4 Efecto de los salicilatos en las plantas

De acuerdo con Martin et al. (2013) Desde principios de 1970, la investigación y el desarrollo en curso se ha llevado a cabo sobre cuatro contribuciones básicas que se pueden destacar para apoyar la premisa de que AS tiene potencial en la producción de alimentos.

4.6.4.1 Efecto positivo de AS en la fisiología del estrés

La primera se refiere a 1978, cuando se propuso que la aplicación de aspirina en plántulas de frijol tendría un efecto sobre el estado hídrico de la planta, un hecho que fue confirmado en ensayos biológicos específicos llevados a cabo con estomas usando el bioensayo de tiras de epidermis de *Commelina communis* (Larqué -Saavedra 1978, 1979).

La noticia fue dada por la cobertura de la prensa internacional, en cuyos informes se indica que la aspirina podría ser utilizado para salvar los cultivos en condiciones de estrés por sequía (The Times 1978). Esta indicación, en el sentido de

que los salicilatos tenían el potencial para participar en la fisiología de las plantas sometidas a estrés, más tarde se demostró por varios autores a partir de entonces (Shimakawa et al. 2012).

4.6.4.2 Efecto positivo del AS en el sistema radicular

La segunda observación fue cuando se detectó que AS favoreció el crecimiento del sistema radicular de las plantas (Gutiérrez-Coronado et al., 1998). Este efecto se estimó mediante la aplicación de salicilatos a las plantas intactas las semillas de soja, y más tarde fue validado en otras plantas. El descubrimiento fue confirmado mediante el bioensayo de raíces transformadas de *Catharantus roseus*, en la que las concentraciones en los niveles micromolar, nanomolares y femtomolares fueron suficientes para estimular el crecimiento de las raíces y la diferenciación de raíces secundarias (Echevarría-Machado et al., 2007). Este avance fue de gran importancia científica, ya que demostró la sensibilidad del tejido de la planta a la aplicación de bajas concentraciones de salicilatos.

Por otra parte, ya se ha publicado que un micromol o menos es suficiente para favorecer el crecimiento de raíces, como en *Pinus patula* donde las concentraciones de 1,0 y 0,01 μM aumentaron el crecimiento de raíces por 33% y 30%, respectivamente (San-Miguel et al.

2003), mientras que en *Chrysanthemum* una concentración de 0.01 μM de AS aumentó el peso de la raíz seca de manera significativa (Villanueva-Couoh et al. 2009). El peso de la raíz en seco también se vio favorecido por la aplicación de 1,0 μM o menos en el tabaco y el algodón (Gutiérrez-Coronado et al. 1998).

Este descubrimiento es importante porque fue posible demostrar que AS afectó el crecimiento de uno de los órganos más importantes que determinan la productividad de las plantas, ya que en general se acepta que una de las funciones principales del sistema radicular es extraer el agua y los nutrientes del suelo y transportarlos a las partes aéreas de la planta (Sperry et al. 2002). Una gran cantidad de trabajos se ha hecho para el desarrollo de material genético de plantas con raíces más grandes para

fines agrícolas, cuando la producción es el objetivo principal. Los sistemas radiculares más grandes y más vigorosos contribuirán a la mejora de los cultivos o plantas hortícolas (Bucher 2002).

4.6.4.3 Efecto positivo de AS en la producción de Biomasa

Una tercera contribución, como resultado de la observación de que las plántulas rociadas con AS mostraron un mayor vigor en comparación con las plantas de control. En el caso de papaya, por ejemplo, bajas concentraciones de AS aumentaron la altura y el diámetro del tallo. Los aumentos de 10% en la altura y 3,5% en el diámetro se obtuvieron con aplicaciones picomolares del producto. Este efecto se ha informado anteriormente, lo que indica una mayor acumulación de biomasa en el caso de *Clitoria* (Martin-Mex y Larqué-Saavedra 2001), y en *Gloxinia*, violeta y *Tagetes erecta* (Larqué-Saavedra y Martín-Mex 2007; Sandoval-Yepiz 2004).

Recientemente, en otra serie de experimentos con trigo, Hernández-Cervantes (datos no publicados) demostró que el índice de cosecha se incrementó en 32% en comparación con el control, como un efecto de la aplicación de 1,0 μM de AS. El mismo efecto de aumento de la biomasa por AS se informó para el crisantemo y el tomate. (Martin et al. 2013)

4.6.4.4 Efecto positivo de AS sobre la floración

La cuarta observación es en relación con el impacto de AS en la floración en plantas ornamentales; en 1974, los estudios de Cleland y Ajami demostraron que la aplicación de AS inducía la floración en *Lemna gibba*, e indicaron que esto sustituyó los requerimientos de fotoperiodo. Desde entonces, numerosos experimentos se han llevado a cabo demostrando el efecto de AS en plantas tales como *Arabidopsis*. Desde principios del año 2000, su grupo ha demostrado que, en plantas ornamentales desarrolladas en macetas, como violeta (*Saintpaulia ionantha* Wendl.) (Martin-Mex et al., 2005) *Chrysanthemum morifolium* (Villanueva-Couoh et al. 2009) *Petunia* (Martín-

Mex et al., 2010) y Gloxinia (*Sinningia speciosa* Benth.) (Datos no publicados). El AS indujo en estas especies el producir significativamente más flores por planta.

El impacto económico de estos resultados en la floricultura comercial podría ser bastante significativo (Martin et al. 2013).

Estas cuatro categorías de efectos reportados para AS, como resultado de los ensayos continuos llevados a cabo en todos los niveles; laboratorio, invernadero y campo, motivaron la propuesta para probar AS para aumentar la productividad de las especies alimenticias que son de particular importancia para los seres humanos, tales como los productos hortícolas y cereales (Martin et al. 2013).

4.7 Rentabilidad

La palabra "rentabilidad" es un término general que mide la ganancia que puede obtenerse en una situación particular. Es el denominador común de todas las actividades productivas. En general, el producto de las entradas de dinero por ventas totales (V) menos los costos totales de producción sin depreciación (C) dan como resultado el beneficio bruto (BB) de la compañía. (FAO 1998).

4.7.1 Métodos de estimación de la rentabilidad

Según la FAO (1998) los métodos más comunes de evaluación de rentabilidad son:

- Tasa de retorno sobre la inversión original (iROI).
- Tasa de retorno sobre la inversión promedio (iRIP)
- Valor presente (VP)
- Tasa interna de retorno \otimes .
- Tiempo de repago (nR)

4.7.1.1 Tasa de retorno sobre la inversión original (Iroi)

En estudios de ingeniería económica, la tasa de retorno sobre la inversión es expresada normalmente como un porcentaje. El beneficio neto anual dividido por la inversión total inicial representa la fracción que, multiplicada por 100, es conocida como retorno porcentual sobre la inversión.

Este método da "valores puntuales" que son aplicables a un año en particular o para algún año "promedio" elegido. No tienen en cuenta la inflación, ni el valor temporal del dinero. (FAO 1998).

I ROI= Tasa de retorno sobre la inversión sobre la inversión original.

BN_p= Beneficio Neto

I_t= inversión total.

Siendo:

$$i_{ROI} = \frac{BN_p}{I_t}$$

5. Marco referencial

5.1 *Esquipulas Palo Gordo*

5.1.1 localización y extensión.

Se ubica a una distancia de 258 km de la ciudad capital de Guatemala y a 7 de la cabecera departamental de San Marcos. La extensión territorial es de 21 km². Colinda al norte y al este con el municipio de San Marcos, al sur con Los municipios de San Marcos y San Pedro Sacatepéquez, al oeste con San Rafael Pie de la Cuesta y El Tumbador del departamento de San Marcos (González 2010). Además, la localidad está ubicada a 2 490 msnm.

5.1.1.1 *Vías de acceso*

Desde la Ciudad Capital la vía de acceso es por la carretera Interamericana CA-1. Desde la cabecera departamental cuenta con dos vías de acceso, una que se dirige hacia el Hospital Nacional de San Marcos, con ruta al destacamento militar, hacia aldea El Recreo, por el puente del río Palatzá, para ingresar por cantón Bethania. Otra ruta de acceso es por la Costa Sur en la carretera CA-2, viniendo de San Rafael Pie de la Cuesta hasta llegar a la cumbre de El Boquerón, donde se ubica la primera entrada por el antiguo destacamento militar, seguido de la entrada principal en aldea Esmeralda (González 2010).

5.1.1.2 *Clima*

La temperatura media es de 14°C. La precipitación pluvial anual es de 2 138 milímetros. Se marcan dos épocas, la seca comprendida entre los meses de noviembre a abril y la lluviosa en los meses de mayo a octubre (González 2010).

5.1.1.3 *Precipitación pluvial*

Cuenta con una precipitación entre 1,250 y 1,500 mm anuales distribuidos entre los meses de mayo a octubre.

5.1.2 Aldea San José Las Islas, Municipio de San Marcos

La aldea San José Las Islas está ubicada en la parte suroccidental del municipio de San Marcos, Departamento de San Marcos. Está a una distancia de 5 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y a una distancia de 255 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. Sus coordenadas son latitud norte 14° 55' 0" y longitud oeste 91° 47' 59". Ubicada a 8 Kilómetros de la cabecera municipal de San Marcos.

5.1.2.1 Clima

El clima es frío, posee una temperatura mínima promedio de 6.8° C y una temperatura máxima promedio de 19.1° C, su temperatura promedio es de 12.9° C.

5.1.2.2 Precipitación pluvial

Los meses de mayor precipitación pluvial son de mayo a octubre, la precipitación promedio anual es de 1853 mm.

5.1.2.3 Vía de acceso

La carretera que conduce a la aldea San José las Islas se dirige del Hospital Nacional de San Marcos rumbo a la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, pasando por la aldea El Recreo por el camino que conduce a la aldea San Pedro Petz del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. Colinda al Norte con San Pedro Petz, al sur con aldea El paraíso, al oeste con aldea Tanil y al oeste con Aldea el Recreo. La localidad esta ubicada a una altura de 2360 msnm.

6. Objetivos

6.1 General

Determinar el efecto de aplicaciones de ácido salicílico en el crecimiento de la planta y producción de frutos del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum L.* bajo condiciones de invernadero.

6.2 Específicos

Evaluar el crecimiento en altura, diámetro de la planta, número de flores, número de racimos y número de frutos por racimo y diámetro del fruto por acción del ácido salicílico.

Evaluar el rendimiento de frutos de tomate por respuesta de la aplicación de ácido salicílico.

Determinar la dosis de ácido salicílico que produzca la rentabilidad más alta.

7. Hipótesis

- Ha. 1** Estadísticamente la aplicación de ácido salicílico aumentara el rendimiento, peso por fruto, altura de la planta, diámetro del tallo, numero de flores, diámetro de fruto, numero de frutos por racimo y numero de racimos al ser aplicado en plantas de tomate bajo condiciones de invernadero.
- Ha. 2** Al menos en una de las localidades el rendimiento del cultivo de tomate aumentará por las aplicaciones de ácido salicílico.
- Ha. 3** Al menos una de las dosis de ácido salicílico 10^{-5} M, 10^{-6} M, 10^{-7} M, 10^{-8} M presentará diferencia significativa en cuanto al rendimiento de frutos de tomate.

8 Metodología

8.1 Métodos

Método experimental y análisis económico.

8.1.1 Método de la investigación

Se utilizó el método experimental, en el cual el investigador crea las condiciones necesarias o adecúa las existentes, para el esclarecimiento de las propiedades y relaciones del objeto, que son de utilidad en la investigación.

8.1.2 Materiales

De campo:

Azadones

Termómetro

Rastrillos

Palas

Machetes

Balanza analítica

Vernier

Rótulos.

Libreta de campo

Formato de toma de datos

De gabinete:

Escáner

Impresora

Software Infostat

Paquete Office

Internet

Computadora

Hojas de papel bond.

8.1.2 Método para el análisis económico

Para ello se utilizó el método tasa de retorno que es la relación entre el beneficio neto y la inversión total inicial multiplicada por 100. Es conocida como retorno porcentual sobre la inversión.

8.2 Diseño experimental

Se utilizó el diseño totalmente irrestricto al azar con cinco repeticiones por tratamiento y como unidad experimental se tomaron 9 plantas y el número de plantas útiles fue de 7. El área total del ensayo fue de 108 m².

8.3 Tratamientos

Cuadro 1 Los tratamientos de Ácido Salicílico evaluados en el proceso de investigación son los siguientes:

Identificación	Dosis de Ácido Salicílico
T0: Dosis 0	Sin tratamiento
T1: Dosis 1	10 ⁻⁵ M
T2: Dosis 2	10 ⁻⁶ M
T3: Dosis 3	10 ⁻⁷ M
T4: Dosis 4	10 ⁻⁸ M

Fuente: Elaboración propia.

8.4 Tamaño de la unidad experimental

Cada unidad experimental estuvo constituida por un surco separado por 1.2 metros; el largo del surco fue de 3.6 metros y las plantas tuvieron una separación de 0.4 metros.

El tamaño de la unidad experimental fue de 4.32 m² y el tamaño de la parcela neta fue de 3.36 m². El número total de unidades experimentales fue de 25 y el área total a utilizar en el experimento fue de 108 metros cuadrados (18 metros de largo por 6 metros de ancho).

A continuación, se describe el croquis del diseño experimental de la localidad de San José Las Islas, San Marcos.

T1	T2	T4	T1	T3
T0	T0	T4	T4	T3
T0	T1	T0	T3	T1
T3	T0	T2	T2	T2
T4	T4	T3	T1	T2

El croquis del diseño experimental de la localidad de Esquipulas Palo Gordo municipio de Esquipulas Palo Gordo.

T2	T4	T0	T1	T0
T2	T4	T2	T1	T0
T1	T3	T3	T3	T4
T0	T4	T1	T2	T3
T1	T2	T4	T3	T0

T0: Sin tratamiento (testigo)

T1: Dosis de AS 10^{-5} Molar

T2: Dosis de AS 10^{-6} Molar

T3: Dosis de AS 10^{-7} Molar

T4: Dosis de AS 10^{-8} Molar

8.5 Modelo estadístico

El modelo estadístico que se utilizó para este diseño fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + i + ij$$

Siendo:

Y_{ij} = Variable de respuesta (rendimiento) de la ij -ésima unidad experimental.

μ = Media general de la variable de respuesta

i = Efecto del i -ésimo tratamiento (dosis de ácido salicílico) en la variable dependiente.

ij = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

8.6 Variables de respuesta

Se evaluaron 10 caracteres:

1. **Altura de planta:** se midió la altura del tallo desde la base hasta el último racimo floral. Se utilizó una cinta métrica. Se determinó al final del ciclo.
2. **Diámetro del tallo:** se midió a partir de cinco centímetros de la base del tallo, se realizó con un vernier digital. Se determinó al final del ciclo.
3. **Número de racimos por planta:** se contabilizaron los racimos que cada planta produjo.
4. **Número de flores por racimo:** se contabilizaron individualmente el total de flores por racimo.
5. **Número de frutos por racimo:** se contabilizaron los frutos de cada racimo que la planta produjo.
6. **Diámetro del fruto:** se midió el diámetro ecuatorial de cada fruto, se realizó utilizando un vernier digital.
7. **Peso por fruto:** Se realizó el pesaje de cada fruto que la planta produjo, se realizó con una balanza analítica.
8. **Rendimiento por planta:** Se obtuvo mediante el pesaje total de los frutos obtenidos por planta, se expresó en Kg/planta.
9. **Rendimiento por hectárea:** Se obtuvo el peso total de los frutos por parcela neta y se expresó en Kg/Ha.
10. **Rentabilidad:** Se determinó a partir de la relación entre el beneficio neto y la inversión total inicial multiplicada por 100.

8.7 Análisis de la información

Los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza y la comparación de medias por el método de Tukey ($P = 0.05$), se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT.

8.8 Manejo del experimento

La investigación se llevó a cabo en la época comprendida de Julio de 2017 y finalizó en el mes de mayo de 2018. Las actividades que se realizaron para el manejo agronómico adecuado del experimento fueron:

8.8.1 Solicitud de pilones:

La solicitud de los pilones de tomate Blindado F1 se realizó en el agro comercial La Cosecha ubicada en el municipio de San Antonio Aguas Calientes, Sacatepéquez.

8.8.2 Aplicación de AS

Para realizar las soluciones con diferentes concentraciones de AS, primero se pesó 0.138 gramo de AS en una balanza analítica y se colocó en un tubo de ensayo al cual se le agregaron 2 ml de alcohol etílico para diluirlo, posteriormente la solución se aforó a 100 mililitros con agua destilada, así se obtuvo la concentración 10^{-2} M. (ver fotografías 3, 4, 6 y 7 en anexo)

Se tomaron 10 ml de la solución 10^{-2} M, y se diluyeron en 990 ml de agua destilada y así se obtuvo la concentración 10^{-4} M.

Se tomaron 30 ml de la disolución 10^{-4} M y se diluyeron en 2,970 ml de agua destilada y así se obtuvo la concentración 10^{-6} M.

De la disolución 10^{-6} M se tomaron 30 ml y se diluyeron en 2,970 ml de agua destilada y así se obtuvo la concentración 10^{-8} M.

Para obtener la concentración 10^{-5} M se tomaron 3 ml de la disolución 10^{-2} M y se diluyeron en 2,997 ml de agua destilada.

Para obtener la concentración 10^{-7} M se tomaron 30 ml de la disolución 10^{-5} M y se diluirán en 2,970 ml de agua destilada.

Las soluciones se aplicaron en tres ocasiones a todo el follaje de la planta hasta punto de goteo, con una mochila manual de capacidad de 16 litros. La hora de aplicación fue entre las 7:00 y las 8:00 horas a los 7, 14 y 21 días después del trasplante.

8.8.3 Toma de muestras para análisis de suelo:

La recolección de muestras se realizó en el área de estudio con el objetivo de analizar el estado nutricional del suelo, las muestras fueron enviadas a un laboratorio privado en la ciudad de Guatemala. (ver fotografías 1 y 2 del anexo)

8.8.4 Preparación del terreno:

Se realizó un barbecho a una profundidad de 0.30 mts. Luego se realizaron tablones de 0.20 mts de alto, 0.60 mts de ancho, y 0.60 mts de calle. Se aplicó una fertilización base a los tablones con Lombricompost, y cal agrícola para corregir pH. La desinfección se realizó con el fungicida Fosetil Aluminio + Propomocarb y la desinfección se realizó con el insecticida- nematicida Etoprofos.

8.8.5 Trasplante

Se trasplantó a una distancia de 0.40 m entre planta y 1.20 m entre surcos. El híbrido que se utilizó fue Blindado F1. Sus características son: planta vigorosa, con buena cobertura foliar, buen potencial productivo, para sembrar en invernadero, casa malla y campo abierto, alta resistencia a Fusarium, fruto tipo saladette acorazonado, rojo intenso, peso promedio de 110 a 120 gramos, larga vida de anaquel y fruta homogénea.

8.8.6 Tutorado

Para que las plantas se sostuvieran se utilizó el método de tutorado holandés, que consistió en sostener cada planta con un hilo plástico todo el eje de crecimiento y se unió a un soporte perpendicular a la planta.

8.8.7 Podas de brotes axilares

La poda axial se realizó eliminando los brotes de las axilas de las hojas compuestas, a manera de manejar las plantas con un eje de producción.

8.8.8 Fertilización

Se realizó de acuerdo a la fase fenológica del cultivo, se realizó una fertilización base a los tablones con lombricompost y el fertilizante 18-46-0. Para la fase de crecimiento inicial se utilizó 15-15-15 y 12-11-8. Para la fase de floración, fructificación y maduración se utilizaron Nitrato de potasio, Nitrato de calcio. La dosis en gramos por metro cuadrado de elementos mayores fue de: N 175, P 200, K 154 y para oligoelementos, Ca 44, Mg 5 y S 14.

Además, se utilizaron fertilizantes foliares a base de calcio y microelementos intercalados semanalmente.

Las dosis aplicadas fueron producto de la interpretación del análisis de suelos que se realizaron en ambas localidades cumpliendo con los requerimientos anuales de nutrientes que necesita el cultivo de tomate para su producción bajo invernadero.

8.8.9 Riego

Se realizó de acuerdo a las necesidades de la planta, se utilizó riego por goteo utilizando dos mangueras por surco, de modo general el riego se realizó dos veces por día, por la mañana se regaba durante treinta minutos y por la tarde cuarenta y cinco minutos en época lluviosa, en época seca el riego se realizó dos veces por día con una duración de cuarenta y cinco minutos en cada riego, la frecuencia de riego fue a cada dos días. (ver fotografía 5 en anexo)

8.8.10 Control de plagas

Para el control de insectos se realizaron aplicaciones de los insecticidas: Imidacloprid, Thiacloprid, Beta-Ciflutrina principalmente para control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) Además Etoprofos para prevención de nematodos.

8.8.11 Control de enfermedades

Para el control de enfermedades se utilizaron los fungicidas: Fosetil Aluminio + Propomocarb como preventivo de mal de talluelo y tizón tardío (*Phytophthora infestans*); Mancozeb como preventivo del tizón tardío, Ametrina como fungicida curativo para tizón tardío, Azoxistrobina como preventivo de tizón temprano (*Alternaria solani*) y botrytis (*Botrytis cinerea*) y Sulfato de cobre pentahidratado como preventivo de bacterias fitopatógenas.

9.8.12 Control de malezas.

El control de malezas se realizó mensualmente de forma manual.

9.8.13 Cosecha

Se colectaron todos los frutos que contenían las características necesarias para el corte (forma, color, tamaño) aproximadamente a los noventa días después del trasplante, se realizó manualmente (ver fotografías 11, 12 y 13 del anexo)

9.8.14 Toma de datos

La toma de datos empezó a partir del inicio de la floración, en el caso de los frutos se empezó a partir de la primera cosecha que se realizó (aproximadamente 90 días después del trasplante), se pesó cada fruto cosechado con una balanza analítica y también se midió su diámetro ecuatorial, la altura de planta se determinó al final del ciclo de producción al igual que el diámetro del tallo. (ver fotografías 7,8 9 ,10, 16, 17, 18 y 19 en anexo)

9. Análisis y discusión de resultados

Debido a que la investigación se llevó a cabo simultáneamente en Aldea San José las Islas del municipio de San Marcos y en la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, los resultados se presentan por localidad.

9.1 Localidad No. 1 Esquipulas Palo Gordo, Departamento de San Marcos

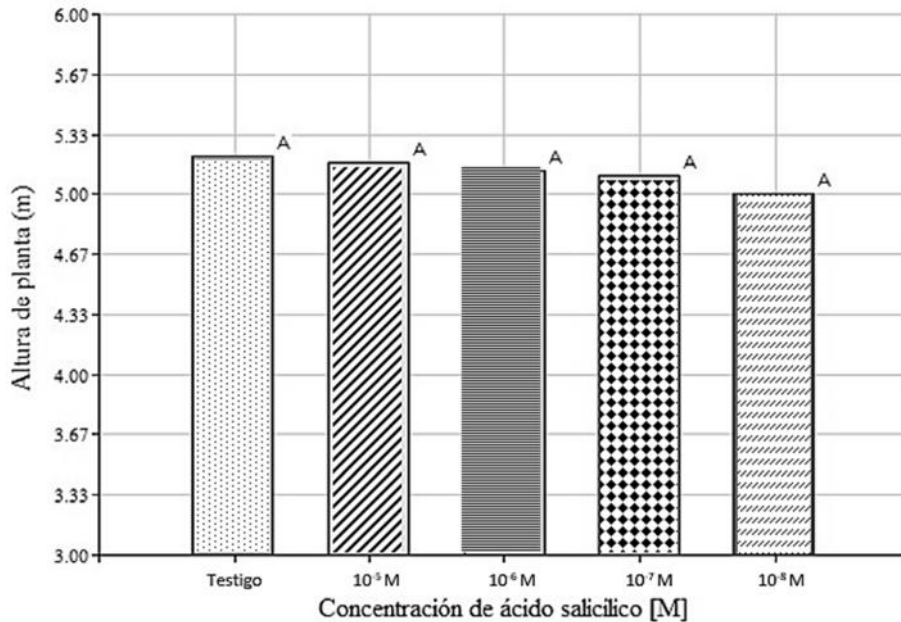
A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las variables analizadas en la unidad experimental tomando en cuenta que fueron diferentes condiciones ambientales tales como temperatura, humedad, y manejo agronómico entre ambas localidades.

Las variables analizadas son las siguientes: Altura de planta, diámetro del tallo, número de racimos por planta, número de flores por racimo, número de frutos por racimo, diámetro del fruto, peso por fruto, rendimiento por planta, rendimiento aproximado por hectárea y la rentabilidad:

9.1.1 Altura de planta

Finalizado el ciclo de cultivo se realizó la medición de altura de las plantas de tomate, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre las plantas asperjadas con AS en relación al testigo, ver cuadro 2. Incluso el testigo manifestó una mayor altura de planta con una media de 5.21 m, mientras que el tratamiento 10^{-5} M obtuvo la menor altura con 5.00 m, teniendo el testigo un incremento de 4% con respecto al tratamiento.

Gráfica 1 Efecto del ácido salicílico en la altura de planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.



DMS=0.51

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro2. Análisis de varianza para altura de planta de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media altura de planta (m)...	25	0.08	0.00	5.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Altura de planta (m)	0.13	4	0.03	0.44	0.7809
Error	1.44	20	0.07		
Total	1.57	24			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

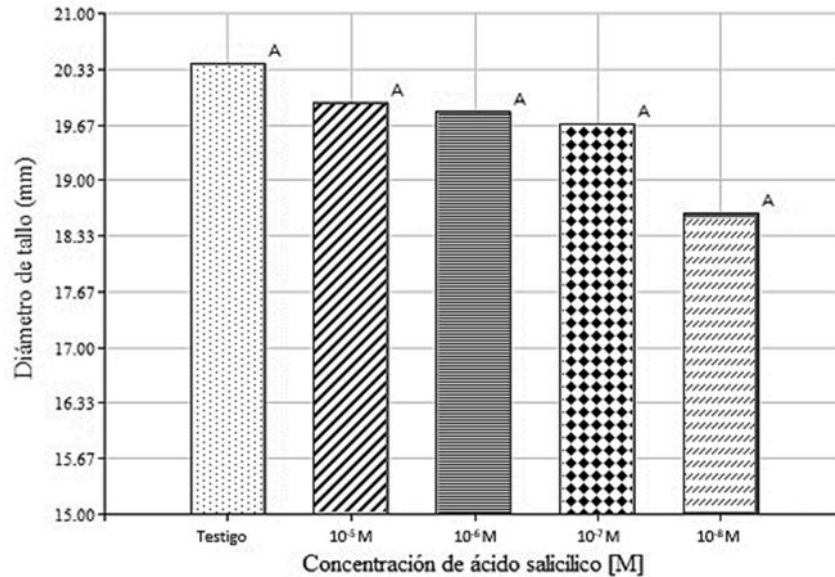
Investigación realizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, sobre el efecto de AS en tomate indeterminado, reporta que las plantas tratadas con AS se vieron alteradas en su patrón de comportamiento, priorizando el envío de biomasa a la parte cosechable, mientras que las plantas testigo lo hicieron a la formación de biomasa vegetativa (Arroyo, 2012).

El comportamiento de las plantas de la investigación concuerda con lo observado por Arroyo en 2012, las plantas asperjadas con AS priorizaron el envío de biomasa a la parte cosechable, sin embargo, el comportamiento no fue el mismo en las dos localidades, lo que significa que las condiciones ambientales principalmente la temperatura pueden jugar un papel importante en el comportamiento de las plantas que son asperjadas con AS.

10.1.2 Diámetro del tallo

Referente al diámetro de tallo, en la Gráfica 2, se observa variación entre los tratamientos y el testigo; el testigo alcanzó un mayor grosor del tallo con 13.33 mm y el tratamiento 10^{-5} M fue menor con 10.75 mm. Estadísticamente no se observó diferencia significativa expresado en el cuadro 3.

Gráfica 2 Efecto del ácido salicílico en el diámetro de tallo de planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.



DMS= 2.18

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro3 Análisis de varianza para diámetro de tallo de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos Palo Gordo, San Marcos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media diámetro de tallo (m..	25	0.25	0.10	5.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Diámetro de tallo (mm)	8.84	4	2.21	1.66	0.1988
Error	26.63	20	1.33		
Total	35.46	24			

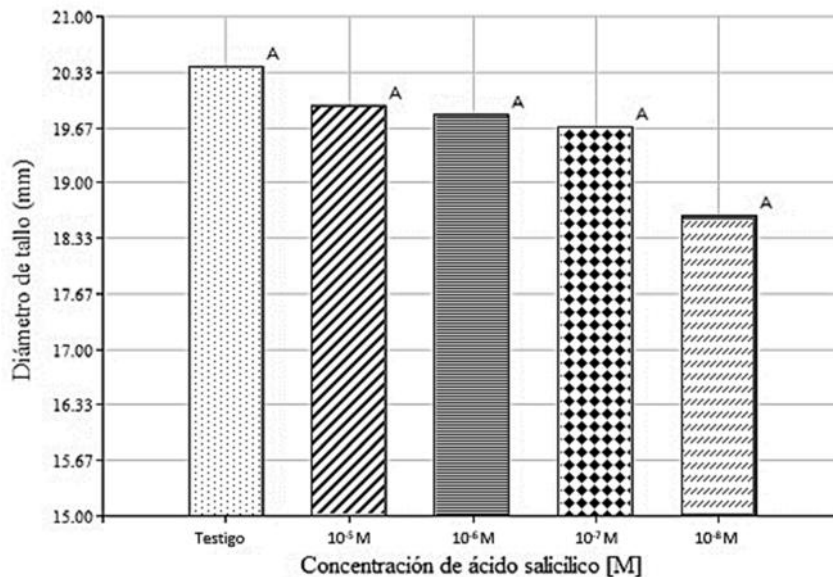
Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Yildirim y Dursun (2009) utilizando concentraciones de $5 \cdot 10^{-4}$ M reportaron que se favorece el incremento del área foliar y también el diámetro del tallo en plantas adultas de tomate, sin embargo, Shahba et al. (2010) indica que tomate bajo condiciones de estrés por sales no se observa incremento de estas variables. De acuerdo al análisis de suelo del invernadero de la localidad no se observa exceso de sales por lo que se descarta esa posibilidad. Se considera nuevamente que las condiciones climáticas pueden influir en el efecto del AS en las plantas de tomate.

9.1.3 Numero de racimos por planta

El número de racimos por planta, no obtuvo diferencia estadística significativa según lo especifica el cuadro 4, el testigo muestra la media mayor con 13.33 racimos por planta y el tratamiento 10^{-8} M presenta la media menor con 10.75 racimos, observamos nuevamente que el testigo supera a las plantas que fueron asperjadas con AS según se observa en la gráfica 3.

Gráfica 3 Efecto del ácido salicílico en el número de racimos por planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.



DMS= 3.26

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro4 Análisis de varianza para diámetro de tallo de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos Palo Gordo, San Marcos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media racimos por planta	25	0.27	0.12	14.09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Racimos por planta	21.75	4	5.44	1.83	0.1622
Error	59.36	20	2.97		
Total	81.11	24			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Rodríguez et al. (2007) aplicando una concentración de 10^{-5} M de AS obtuvo un incremento en el número de racimos florales producidos por plantas de tomate comparado con el testigo.

Javaheri et al. (2011) aplicando concentraciones de 10^{-6} M de AS obtuvo un rendimiento significativamente mayor en cultivo de tomate en comparación con el testigo, atribuyéndole esto al aumento de números de racimos por planta.

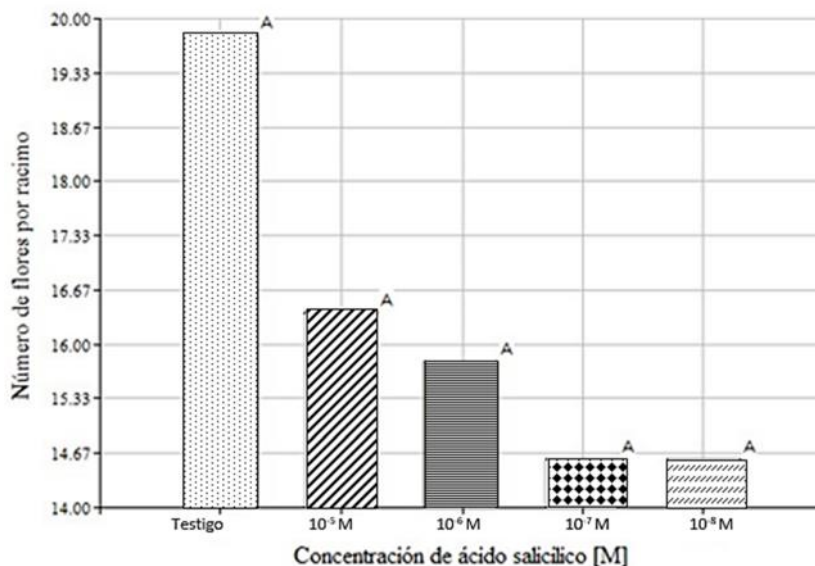
En este caso el testigo mostró una mayor producción de racimos por planta, sin embargo, al compararlo con los tratamientos 10^{-5} M y 10^{-6} M el aumento fue de 0.56 y 0.61 racimos por planta, menos de un racimo por planta.

9.1.4 Numero de flores por racimo

En la Gráfica 4 se observa un incremento en la producción de flores por racimo con el tratamiento 10^{-5} M con una producción media de 19.80 flores por racimo, el testigo y el tratamiento 10^{-8} M presentan las medias más bajas con 14.60 flores por racimo, los tratamientos 10^{-7} M y 10^{-6} M presentan una media de 16.40 y 15.80 flores por racimo.

No se observó diferencia estadística significativa entre los tratamientos y el testigo según el análisis de varianza.

Gráfica 4 Efecto del ácido salicílico en el número de flores por racimo por planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.



DMS= 6.03

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro5 Análisis de varianza para número de flores por racimo por planta de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media número de flores por..	25	0.31	0.17	19.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Número de flores por racim..	91.36	4	22.84	2.25	0.1001
Error	203.20	20	10.16		
Total	294.56	24			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Rodríguez, et al. (2007) reporta en cultivo de tomate un incremento en la cantidad de flores por racimo utilizando una concentración de AS 10^{-5} M.

También en plantas ornamentales desarrolladas en macetas, como violeta (*Saintpaulia ionantha* Wendl.) (Martín-Mex et al., 2005), *Chrysanthemum morifolium* (Villanueva-Couoh et al. 2009) Petunia (Martín-Mex et al., 2010) y Gloxinia (*Sinningia speciosa* Benth.) (Datos no publicados), el AS indujo en producir significativamente más flores por planta.

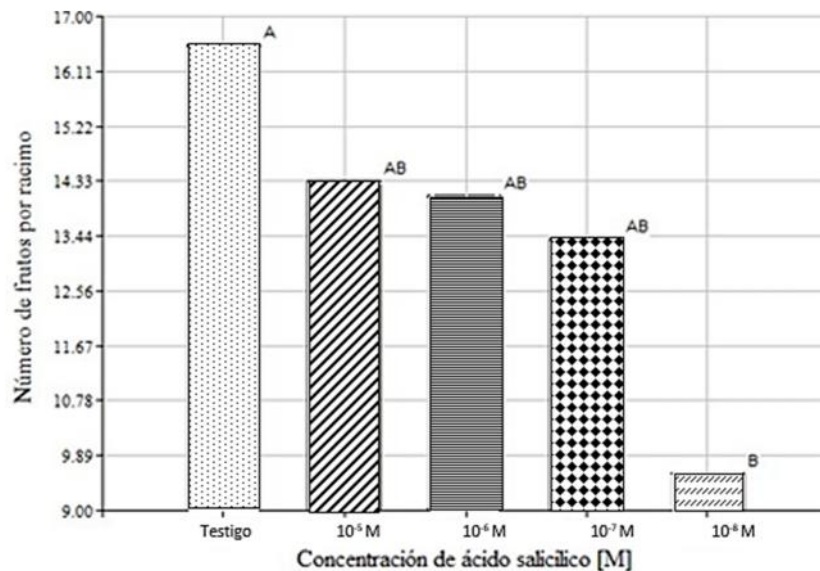
El aumento en la producción de flores con el tratamiento 10^{-5} M de AS indujo una producción de 5.2 flores más por racimo respecto al testigo, lo cual incrementa la probabilidad de producir frutos de tomate.

Además, las plantas tratadas con AS manifestaron mayor precocidad en la formación de flores, la aparición del primer racimo floral fue a los 14 días después del trasplante y teniendo una diferencia de 14 días de precocidad en comparación al testigo.

9.1.5 Número de frutos por racimo

En la Gráfica 5 los resultados de la variable número de frutos por racimo, se observó diferencia estadística significativa según el análisis de varianza expresado en el cuadro 6. El mejor tratamiento fue 10^{-5} M con una producción de 16.55 frutos por racimo, obteniendo un incremento de 72% con respecto al testigo (9.60 frutos por racimo), los tratamientos 10^{-6} M, 10^{-7} M y 10^{-8} M presenciaron un incremento de 49, 46 y 39% respecto al testigo.

Gráfica 5 Efecto del ácido salicílico en el número de frutos por racimo por planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.



DMS= 5.6

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro6 Análisis de varianza para número de frutos por racimo por planta de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media Número de frutos por..	25	0.46	0.35	20.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Número de frutos por racim..	127.78	4	31.94	4.30	0.0114
Error	148.60	20	7.43		
Total	276.38	24			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.15870

Error: 7.4300 gl: 20

Número de frutos por racim..	Medias	n	E.E.
1E-5	16.55	5	1.22 A
1E-6	14.35	5	1.22 A B
1E-7	14.10	5	1.22 A B
1E-8	13.40	5	1.22 A B
Testigo	9.60	5	1.22 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

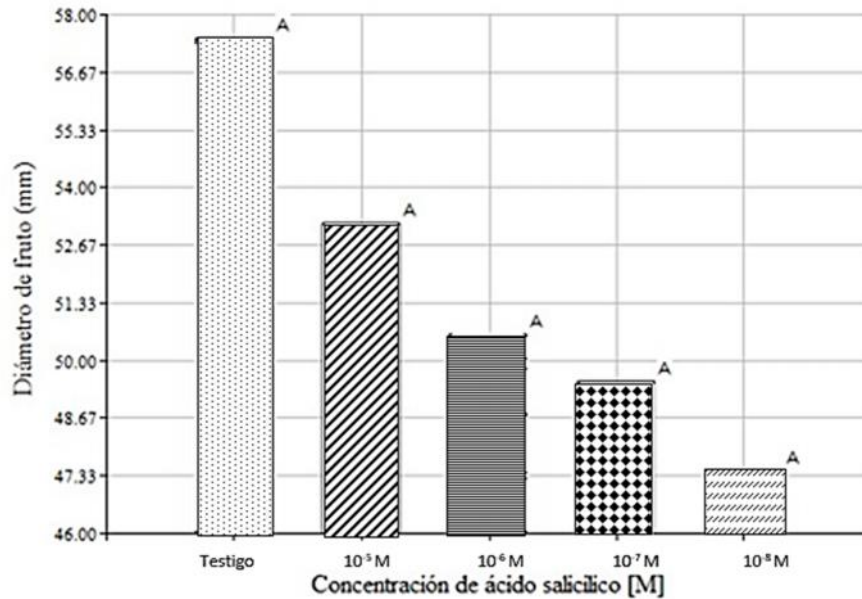
Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Rodríguez et al. (2007) reporta que embebiendo semillas de tomate en una solución 10^{-5} M de AS antes de la siembra, obtuvo un incremento en la producción de frutos por planta de tomate.

9.1.6 Diámetro del fruto

Finalizada la medición del diámetro de los frutos, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y el testigo según se indica en el cuadro 7, el tratamiento 10^{-5} M presenta la media mayor con 57.47 mm, el tratamiento 10^{-7} M obtuvo una media de 53.19 mm, el testigo una media de 50.60, el tratamiento 10^{-8} M presenta una media de 49.51 mm y en último lugar el tratamiento 10^{-6} M con 47.46 mm (Gráfica 6).

Gráfica 6 Gráfica 6. Efecto del ácido salicílico en el diámetro del fruto de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.



DMS= 11.59

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Cuadro 7 Análisis de varianza para diámetro de frutos de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media diámetro de fruto (m..	25	0.28	0.14	11.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Diámetro de fruto (mm)	296.96	4	74.24	1.98	0.1366
Error	750.13	20	37.51		
Total	1047.09	24			

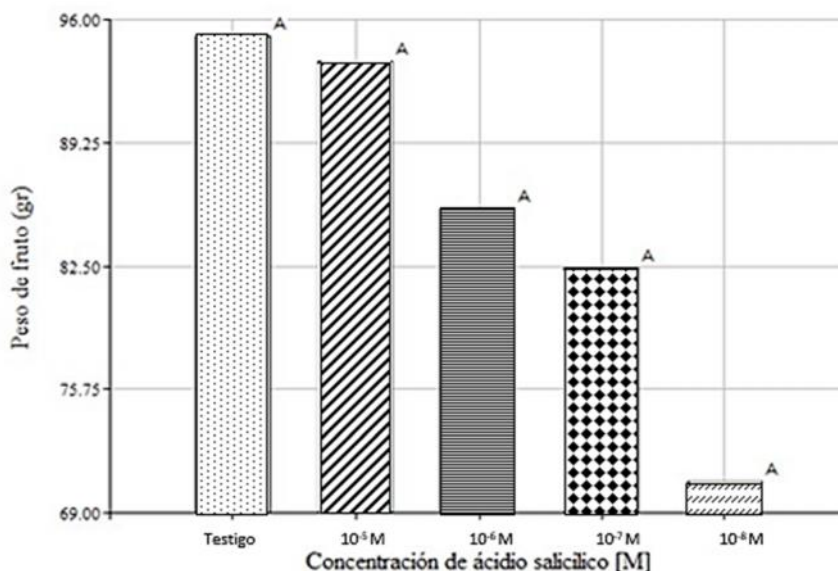
Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

En cuanto al diámetro de frutos de tomate, Rodríguez, et al. (2007) indica que obtuvo un incremento en cuanto al diámetro de frutos con la concentración 10^{-5} M (54.1 - 2.93 mm) con respecto al testigo (50.7 - 5.75 mm). Lo cual concuerda con esta investigación, en la cual el tratamiento 10^{-5} M de AS fue la que produjo los frutos con mayor diámetro.

9.1.7 Peso de fruto

La Gráfica 7 indica un incremento en el peso medio de frutos de los tratamientos 10^{-7} M con 95.08 g. y el tratamiento 10^{-5} M con 93.68 g. respecto al testigo, el testigo obtuvo una media de 85.68 g, los tratamientos 10^{-8} M y 10^{-6} M mostraron las medias más bajas con 82.41 g y 70.74 g. Estadísticamente no se observó diferencia significativa según se expresa en el análisis de varianza en el cuadro 8.

Gráfica 7 Efecto del ácido salicílico en el peso de fruto por planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.



DMS= 27.31

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Cuadro 8 Análisis de varianza para peso de fruto de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media peso de fruto (gr)	25	0.32	0.18	16.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Peso de fruto (gr)	1930.51	4	482.63	2.32	0.0924
Error	4163.61	20	208.18		
Total	6094.13	24			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Rodríguez, (2007) indica que las plantas de tomate tratadas con AS a una concentración de 10^{-5} M produjeron frutos más pesados (69.9 - 8.46 g); sin embargo, en esta localidad el tratamiento 10^{-7} M produjo los frutos más pesados y en segundo lugar el tratamiento 10^{-5} M. Se observa que las aplicaciones de AS modificaron el comportamiento de la planta, tal y como lo sugiere Arroyo (2012).

En cuanto a la calidad en peso de los frutos, el cuadro 8 muestra los porcentajes de las diferentes calidades de tomate obtenidos en la localidad de Esquipulas Palo Gordo, el AS obtuvo un efecto en la calidad en gramos de los frutos cosechados, principalmente en la producción de frutos medianos, grandes y en frutos mayores al extra grande.

Cuadro9 Efecto del ácido salicílico en la calidad en peso de los frutos de tomate híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Categoría	Rangos (gramos)	Tratamientos				
		Testigo	10 ⁻⁵ M	10 ⁻⁶ M	10 ⁻⁷ M	10 ⁻⁸ M
	<20	0.57	0.34	0.49	0.52	0.53
Pequeño	20 - 59	52.89	47.65	52.40	49.48	51.41
Mediano	60 - 83	17.82	19.13	23.06	19.46	18.64
Grande	84 - 100	10.10	13.65	10.01	9.41	10.07
Extra grande	101 - 135	15.66	14.54	10.89	16.21	14.75
	>135	2.95	4.70	3.14	4.92	4.59

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

De acuerdo al cuadro 8 los frutos con un peso menor a 20 gramos superaron el 0.5 de la producción. el testigo produjo la mayor cantidad en esta categoría mientras que el tratamiento 10⁻⁵ M el menor porcentaje de frutos cosechados.

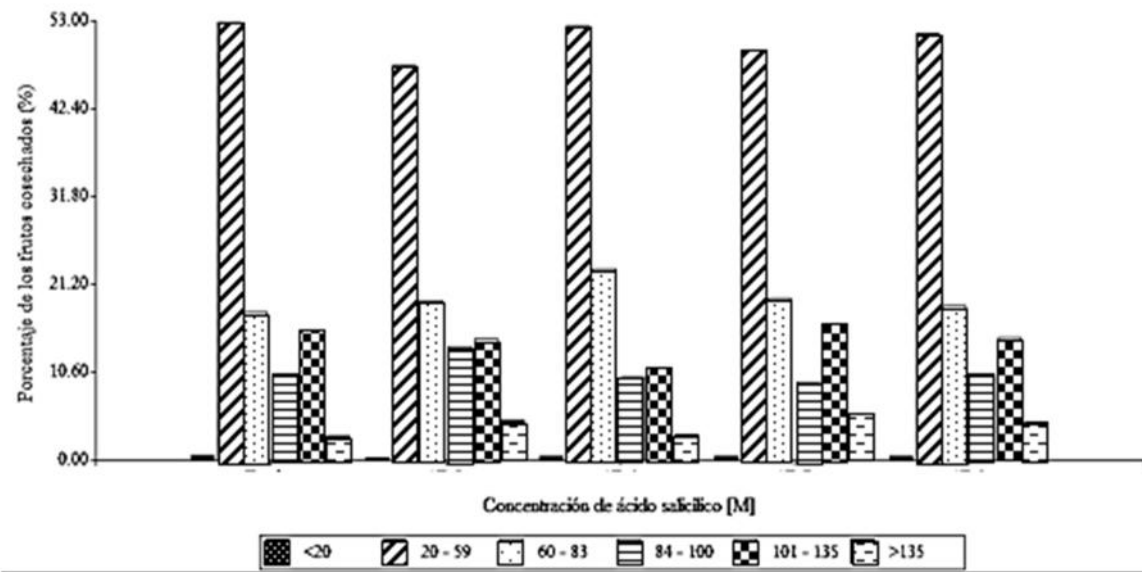
El testigo produjo la mayor cantidad de frutos pequeños con 52.89% y el tratamiento. Por otra parte, el tratamiento 10⁻⁵ M produjo la menor cantidad con un 47.65% del total de la producción.

Para el caso de los frutos medianos el testigo produjo la menor cantidad con un 17.82% mientras que el tratamiento 10⁻⁶ M obtuvo el mayor porcentaje con 23.06% del total de la producción, obteniendo así una mayor producción de frutos de categoría mediana con todos los tratamientos donde se aplicó AS.

En el caso de frutos grandes el tratamiento 10⁻⁵ M evidenció el mayor porcentaje con 13.65% de la producción mientras que el tratamiento 10⁻⁷ M obtuvo el menor porcentaje con un 9.41%.

En el caso de la categoría extra grande el tratamiento 10^{-7} M alcanzó la mayor cantidad con 16.21% de la producción mientras que el tratamiento 10^{-6} M obtuvo el menor porcentaje con 10.89%. Además, se obtuvieron frutos superiores a los establecidos en esta clasificación, siendo el tratamiento 10^{-7} M el que ganó el mayor porcentaje con 4.92% mientras que el testigo alcanzó un 2.95% del total de la producción, obteniendo frutos más grandes donde se aplicó AS.

Gráfica 8 Efecto del ácido salicílico en la calidad de frutos de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.



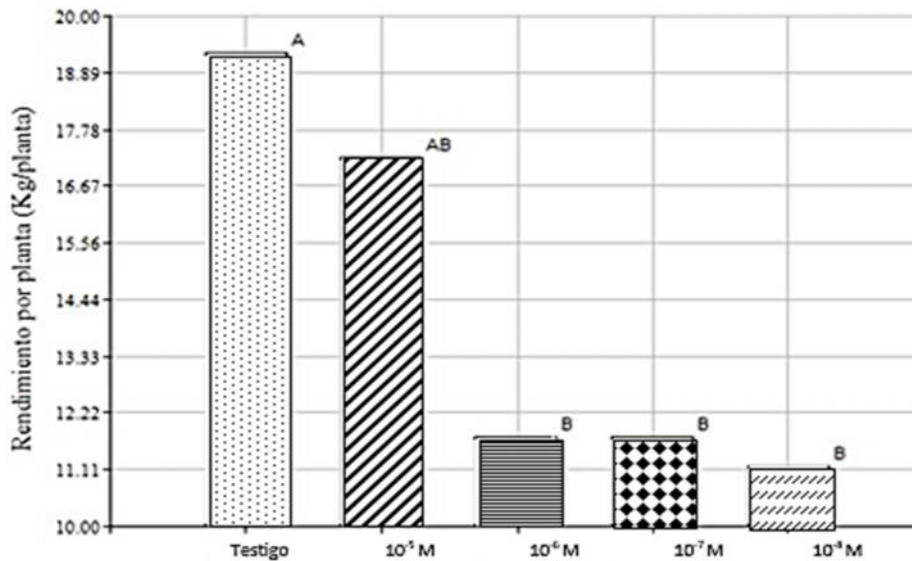
Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

De acuerdo a la Gráfica 8, se observa que la mayor cantidad de frutos cosechados fueron de categoría pequeña (20-59 g) en todos los tratamientos, Matú (2004) citado por May (2005) reporta incrementos del 23 al 30% en frutos de primera calidad en tomate saladatte con los tratamientos 10^{-8} y 10^{-6} M de AS referente al testigo, situación diferente a esta investigación lo que puede deberse a características genéticas de la planta como lo sugiere Matú (2004).

9.1.8 Rendimiento por planta

El rendimiento por planta se observó diferencia estadística significativa expresado en el cuadro 10 siendo los tratamientos 10^{-5} M y 10^{-7} M los de mayor rendimiento con una media de $19.29 \text{ kg/planta}^{-1}$ y $17.23 \text{ kg/planta}^{-1}$, habiendo un incremento de 72% y 54% con respecto al testigo que produjo $11.16 \text{ kg/planta}^{-1}$.

Gráfica 9 Efecto del ácido salicílico en rendimiento por planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.



DMS= 7.11

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro10 Análisis de varianza para el rendimiento por planta de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media rendimiento por plan..	25	0.50	0.40	26.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Rendimiento por planta (kg..)	281.07	4	70.27	4.97	0.0060
Error	282.64	20	14.13		
Total	563.71	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.11450

Error: 14.1318 gl: 20

Rendimiento por planta (kg.. Medias n E.E.

1E-5	19.29	5	1.68	A
1E-7	17.23	5	1.68	A B
1E-8	11.76	5	1.68	B
1E-6	11.75	5	1.68	B
Testigo	11.16	5	1.68	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Rodríguez, (2007) reporta que las plantas de tomate tratadas con AS a una concentración de 10^{-5} M incrementaron su producción en comparación con el testigo, incluso aquellas plantas tratadas con una concentración de AS a 0.005 milimolar (mM) y 0.1 mM superaron en producción por planta a aquellas que no fueron asperjadas con AS.

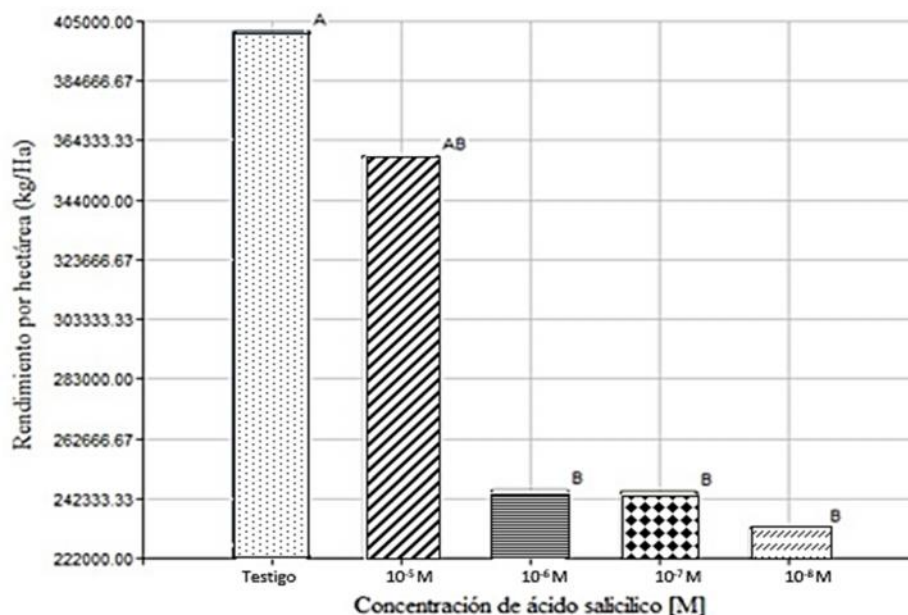
Resultados similares se obtuvieron en esta localidad donde las plantas tratadas con AS con la dosis 10^{-5} M produjeron el mayor rendimiento por planta, lo cual manifiesta que la combinación de producción de más racimos florales, mayor cantidad

de flores y mayor peso por fruto hicieron que los diferentes tratamientos donde se utilizó AS superaran al testigo.

9.1.9 Rendimiento por hectárea

El rendimiento por hectárea total se adquirió luego de los 300 días de edad del cultivo. El análisis de varianza indicado en el cuadro 11 evidencia la diferencia estadística significativa, se observó que los tratamientos 10^{-5} M obtuvieron una producción de $401,789.34 \text{ Kg/Ha}^{-1}$ equivalente a una producción de 40.18 kg/m^2 y el tratamiento 10^{-7} M un rendimiento de $358,985.26 \text{ Kg/Ha}^{-1}$ equivalente a 35.90 kg/m^2 , representando un incremento de 72 y 54% con respecto al testigo.

Gráfica 10 Efecto del ácido salicílico en rendimiento por hectárea de tomate indeterminado híbrido Blindado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.



DMS= 148218.80

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro 11 Análisis de varianza para el rendimiento hectárea de tomate indeterminado, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Media rendimiento por plan..	25	0.50	0.40	26.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Rendimiento por planta (kg..	281.07	4	70.27	4.97	0.0060
Error	282.64	20	14.13		
Total	563.71	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.11450

Error: 14.1318 gl: 20

<u>Rendimiento por planta (kg..</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
1E-5	19.29	5	1.68 A
1E-7	17.23	5	1.68 A B
1E-8	11.76	5	1.68 B
1E-6	11.75	5	1.68 B
Testigo	11.16	5	1.68 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Rodríguez, (2007) reporta que el rendimiento por hectárea donde las planas se asperjaron con AS a 10^{-5} M (14.35 t.Ha^{-1}) tuvieron un incremento significativo con respecto al testigo, incluso todos los tratamientos donde se aplicó AS superaron en producción al testigo.

Javaheri et al. (2012) reporta incrementos en la producción de tomate con las dosis de 10^{-5} y 10^{-5} M de AS.

Larqué-Saavedra et al. (2009) reporta que plantas de chile habanero y tomate que fueron asperjadas con AS incrementaron su productividad en un 30% y 20% respectivamente.

La cosecha también manifestó una precocidad con los tratamientos donde se aplicó AS, siendo la primera cosecha a los 75 días (2.5 meses) después del trasplante y una anticipación de 15 días con respecto a la primera cosecha del testigo (90 días después del trasplante).

9.1.10 Rentabilidad

En cuanto a la rentabilidad, en cuadro 12 se observan los costos estimados para una hectárea de producción de tomate, también se observa el ingreso estimado por venta de la producción de cada uno de los tratamientos, así como el costo de producción y el ingreso por metro cuadrado de producción.

Cuadro12 Tasa interna de retorno proyectada por hectárea y por metro cuadrado de los tratamientos evaluados, Esquipulas Palo Gordo, Esquipulas Palo Gordo.

COSTOS POR HECTÁREA		T0 (sin aplicación de AS)	T1 (10 ⁻⁵ M)	T2 (10 ⁻⁶ M)	T3 (10 ⁻⁷ M)	T4 (10 ⁻⁸ M)
INSUMOS	Pilón	Q30,208.33	Q30,208.33	Q30,208.33	Q30,208.33	Q30,208.33
	Agroquímicos	Q183,148.15	Q183,148.15	Q183,148.15	Q183,148.15	Q183,148.15
	Fertilizantes	Q188,425.93	Q181,134.26	Q181,134.26	Q181,134.26	Q181,134.26
	Cinta de riego	Q18,518.52	Q18,518.52	Q18,518.52	Q18,518.52	Q18,518.52
	Pita, trampas y otros insumos	Q12,129.63	Q12,129.63	Q12,129.63	Q12,129.63	Q12,129.63
	Agua de riego	Q1,700.00	Q1,700.00	Q1,700.00	Q1,700.00	Q1,700.00
MANO DE OBRA	Preparación del suelo	Q8,348.15	Q8,348.15	Q8,348.15	Q8,348.15	Q8,348.15
	Siembra	Q4,174.07	Q4,174.07	Q4,174.07	Q4,174.07	Q4,174.07
	Tutorado	Q4,174.07	Q4,174.07	Q4,174.07	Q4,174.07	Q4,174.07
	Aplicación agroquímicos	Q133,570.37	Q133,570.37	Q133,570.37	Q133,570.37	Q133,570.37
	Podas	Q66,833.33	Q66,833.33	Q66,833.33	Q66,833.33	Q66,833.33
	Aplicaciones de fertilizantes	Q66,833.33	Q66,833.33	Q66,833.33	Q66,833.33	Q66,833.33
	Cosecha	Q100,177.78	Q100,177.78	Q100,177.78	Q100,177.78	Q100,177.78
TRATAMIENTOS	Agua destilada	Q0.00	Q18,518.52	Q18,518.52	Q18,518.52	Q18,518.52
	Ácido salicílico	Q0.00	Q0.20	Q0.02	Q0.01	Q0.01
	Alcohol etílico (95%)	Q0.00	Q3.70	Q3.70	Q3.70	Q3.70
	Preparación del AS	Q0.00	Q1,043.52	Q1,043.52	Q1,043.52	Q1,043.52
	Aplicación de AS	Q0.00	Q8,348.15	Q8,348.15	Q8,348.15	Q8,348.15
	COSTO TOTAL	Q818,241.67	Q838,864.09	Q838,863.91	Q838,863.90	Q838,863.90
	costo por metro cuadrado	Q81.82	Q83.89	Q83.89	Q83.89	Q83.89
INGRESOS POR Invernadero		T0 (sin aplicación de AS)	T1 (10 ⁻⁵ M)	T2 (10 ⁻⁶ M)	T3 (10 ⁻⁷ M)	T4 (10 ⁻⁸ M)
Rendimiento kg/hectárea		232596.87	401789.34	244799.91	358985.26	245002.28
Precio estandarizado		Q5.50	Q5.50	Q5.50	Q5.50	Q5.50
Ingreso		Q1,279,282.79	Q2,209,841.37	Q1,346,399.51	Q1,974,418.93	Q1,347,512.54
Ingreso por metro cuadrado		Q127.93	Q220.98	Q134.64	Q197.44	Q134.75
Ganancia		Q461,041.12	Q1,370,977.28	Q507,535.60	Q1,135,555.03	Q508,648.64
Ganancia neta por metro cuadrado		Q46.10	Q137.10	Q50.75	Q113.56	Q50.86
Análisis económico						
		156.35	263.43	160.50	235.37	160.64

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Se observa que todos los tratamientos tienen una tasa de retorno sobre la inversión inicial mayor a 100, lo cual indica que se existen ganancias en todos los tratamientos, sin embargo, el tratamiento 10^{-5} M de AS fue el que mayor tasa de retorno produjo con 263.43, lo que significa que por cada Q 100.00 invertidos se recibirán Q 263.43; el tratamiento 10^{-7} M, mostró la segunda tasa mayor con 235.37; en tercer lugar el tratamiento 10^{-8} M con 160.64, luego el tratamiento 10^{-6} M y en último lugar el testigo con una tasa de 156.35.

En cuanto a ganancia por unidad de superficie, el tratamiento 10^{-5} M produjo Q 137.10 por metro cuadrado de producción, casi triplicando las ganancias que produjo el testigo, luego el tratamiento 10^{-7} M produjo una ganancia de Q113.56 por metro de producción, haciendo que las ganancias sean más del doble que las del testigo; el tratamiento 10^{-8} M produjo una ganancia de Q 50.86 y el tratamiento 10^{-6} M produjo una ganancia de Q 50.75 siendo la diferencia de once centavos únicamente, sin embargo superaron en cuanto a las ganancias al testigo el cual tuvo una ganancia de Q 46.10, lo que demuestra que al aplicar AS a plantas de tomate produjo ganancias considerables.

9.2 Localidad No. 2 San José Las Islas, San Marcos, Departamento de San Marcos.

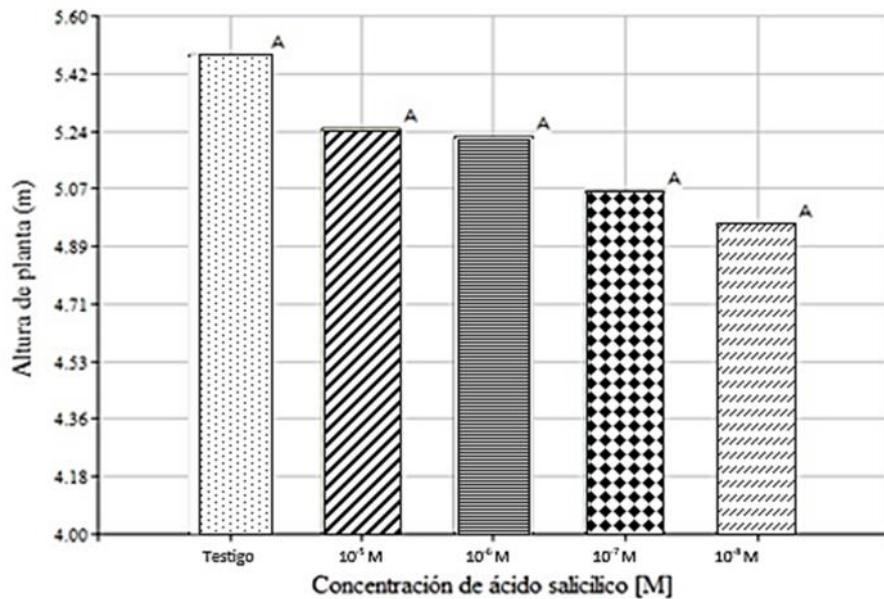
A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la unidad experimental tomando en cuenta que las condiciones ambientales que interfirieron en la investigación son la temperatura, humedad, y manejo agronómico entre ambas localidades.

Las variables son: Altura de planta, diámetro del tallo, numero de racimos por planta, numero de flores por racimo, numero de frutos por racimo, diámetro del fruto, peso por fruto, rendimiento por planta, rendimiento aproximado por hectárea y la rentabilidad:

9.2.1 Altura de planta

De acuerdo al cuadro 13, no se observaron diferencias estadísticas significativas en cuanto a la altura de las plantas asperjadas con AS y el testigo. En la gráfica 11 se observa que todos los tratamientos superaron al testigo. El tratamiento 10^{-5} M presentó una media de 5.48 m mientras que el testigo obtuvo una media de 4.96 m, cabe señalar que la diferencia entre tratamiento 10^{-5} M y el testigo fue de 0.52 igualando la diferencia mínima significativa (DMS). Referente al tratamiento 10^{-5} M tuvo un incremento de 9.5% con respecto al testigo.

Gráfica 11 Efecto del ácido salicílico en altura de planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos.



DMS= 0.52

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro13 Análisis de varianza para la altura de planta de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media altura de planta (m) ..	25	0.34	0.21	5.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Altura de planta (m)	0.79	4	0.20	2.61	0.0667
Error	1.52	20	0.08		
Total	2.31	24			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

En tomate determinado, la concentración de 10^{-5} M de AS hizo desarrollar mayor área foliar y acumulación de masa seca en hojas, raíz y tallo (Rodríguez, 2007).

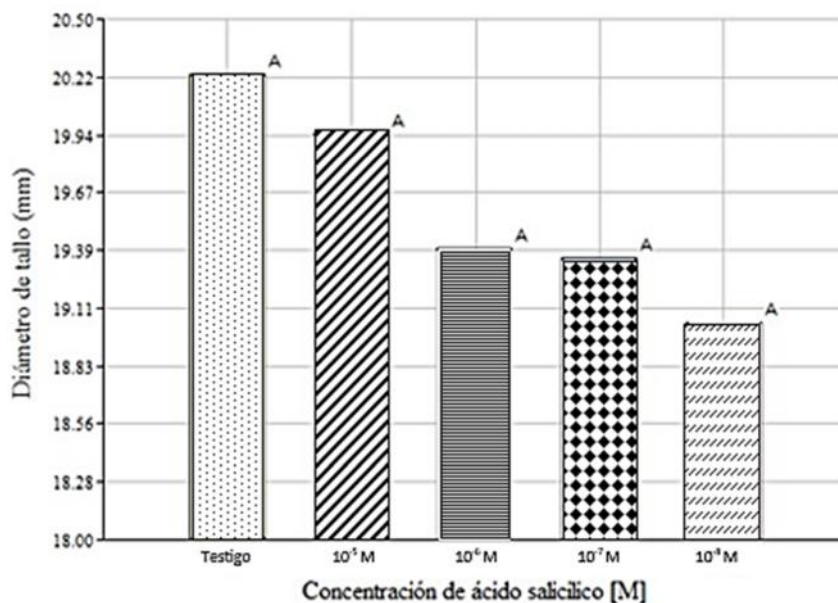
Los resultados obtenidos manifiestan similitud con los datos reportados en otras investigaciones de diferentes cultivos.

Comparando los resultados de ambas localidades de manera general en la localidad de San José Las Islas las plantas manifestaron una mayor altura en comparación a las plantas de la localidad de Esquipulas Palo Gordo, por lo que el efecto del AS puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales donde se desarrolle el cultivo de tomate.

9.2.2 Diámetro del tallo

La Gráfica 12 expresa la variación entre los diferentes tratamientos evaluados, no mostrando diferencia estadística significativa según el cuadro 14, todos los tratamientos superaron al testigo. El tratamiento 10^{-6} M obtuvo la media mayor con 20.23 mm mientras que el testigo presentó una media de 19.04, siendo un incremento de 6% entre ellos.

Gráfica 12 Efecto del ácido salicílico en el diámetro del tallo de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos.



DMS= 1.60

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro14 Análisis de varianza para el diámetro del tallo de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media diámetro de tallo (m..	25	0.25	0.10	4.33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Diámetro de tallo (mm)	4.70	4	1.17	1.63	0.2049
Error	14.38	20	0.72		
Total	19.07	24			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

En crisantemo, Villanueva et al (2009) al aplicar diferentes concentraciones de AS reporta incremento del grosor del tallo en las plantas que fueron asperjadas con AS, siendo el tratamiento de 10^{-8} M con el que obtuvo el mayor grosor de tallo.

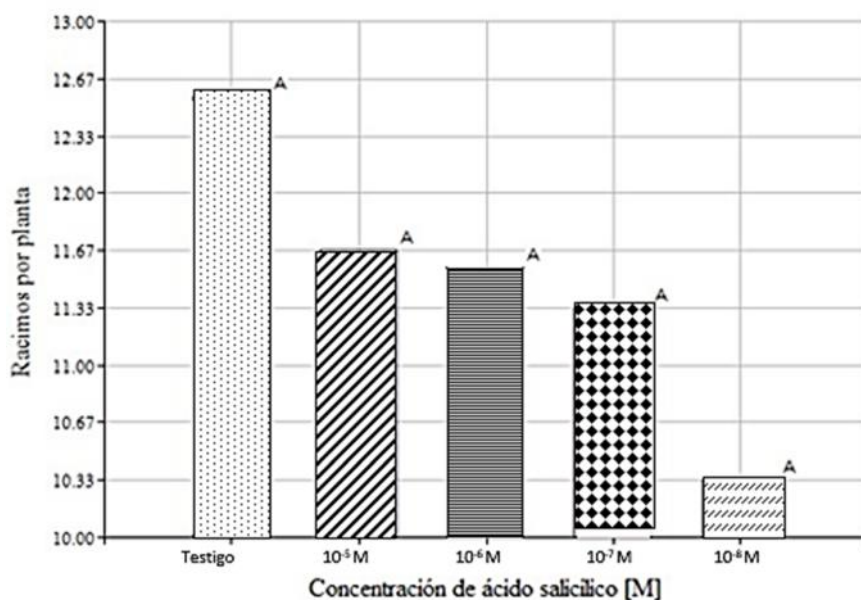
May (2005), indica que el AS incrementó el diámetro de las plantas de chile habanero en un 23 y 16% con respecto al testigo con los tratamientos 10^{-6} y 10^{-8} M.

El AS presentó un efecto sobre la parte vegetativa de las plantas asperjadas, al contrario de la otra localidad donde el testigo fue superior a los tratamientos donde se utilizó AS, lo cual sugiere que las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrolle el cultivo de tomate pueden influenciar en el efecto del AS en las plantas.

9.2.3 Numero de racimos por planta

La Gráfica 13 muestra los resultados de la variable racimos por planta, estadísticamente no se observan diferencias significativas cuadro 15. El tratamiento 10^{-5} M presenta la mayor media con 12.57 racimos por planta, el testigo 11.33 racimos por planta. El tratamiento de menor media fue el 10^{-8} M con 10.33 racimos por planta. Los tratamientos 10^{-6} M y 10^{-7} M presentan 11.67 y 11.57 racimos por planta respectivamente.

Gráfica 13 Efecto del ácido salicílico en el número de racimos por planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos.



DMS= 2.57

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro15 Análisis de varianza para el numero de racimos por planta de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media racimos por planta	25	0.26	0.11	11.83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Racimos por planta	12.79	4	3.20	1.73	0.1834
Error	37.00	20	1.85		
Total	49.79	24			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Rodriguez et al. (2007) embebiendo semillas de tomate en soluciones de AS en concentración 10^{-5} M indica que la producción de racimos florales y de flores por planta se ve favorecido, obteniendo casi el doble de racimos con respecto al testigo.

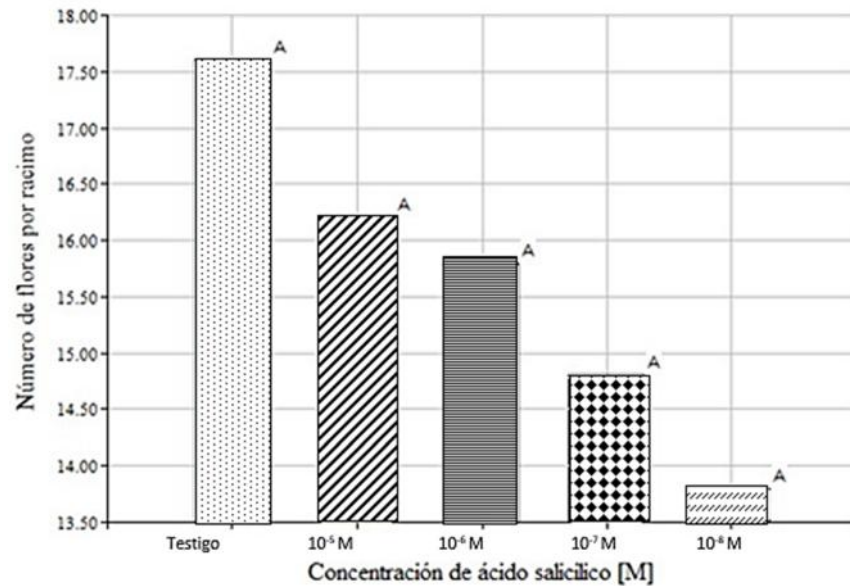
Los tratamientos 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} M manifestaron un incremento respecto al testigo; el tratamiento 10^{-5} M incrementó en más de un racimo por planta, al obtener al menos un racimo más por planta se incrementa la producción de frutos.

Al comparar localidades, el testigo produjo menos racimos en San José Las Islas que en Esquipulas Palo Gordo mientras que el tratamiento 10^{-5} M produjo similares cantidades en ambas localidades.

9.2.4 Número de flores por racimo

En cuanto al número de flores por racimo, en la Gráfica 14 se observa que el tratamiento 10^{-5} M presenta la mayor media con 17.60 flores por racimo, los tratamientos 10^{-6} M, 10^{-8} M, 10^{-7} M presentaron una media de 16.20, 15.80 y 14.80 flores por racimo respectivamente; el testigo presentó la menor media en esta variable con 13.80 flores por racimo. Estadísticamente no se observó diferencia significativa según el análisis de varianza expresado en el cuadro 16.

Gráfica 14 Efecto del ácido salicílico en el número de flores por racimo de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos.



DMS= 4.11

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro16 Análisis de varianza para el numero de flores por racimo de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media número de flores por..	25	0.30	0.17	13.89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Número de flores por racim..	41.36	4	10.34	2.19	0.1069
Error	94.40	20	4.72		
Total	135.76	24			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Se observa que en todos los tratamientos donde se aplicó AS incrementó el número de flores por racimo, lo cual, significa mayor probabilidad de producción de tomates.

En ambas localidades el tratamiento 10^{-5} M manifestó la mayor media en cuanto a flores por racimo, en la localidad de Esquipulas Palo Gordo se tuvo un incremento en más de dos flores por racimo en comparación a San José Las Islas.

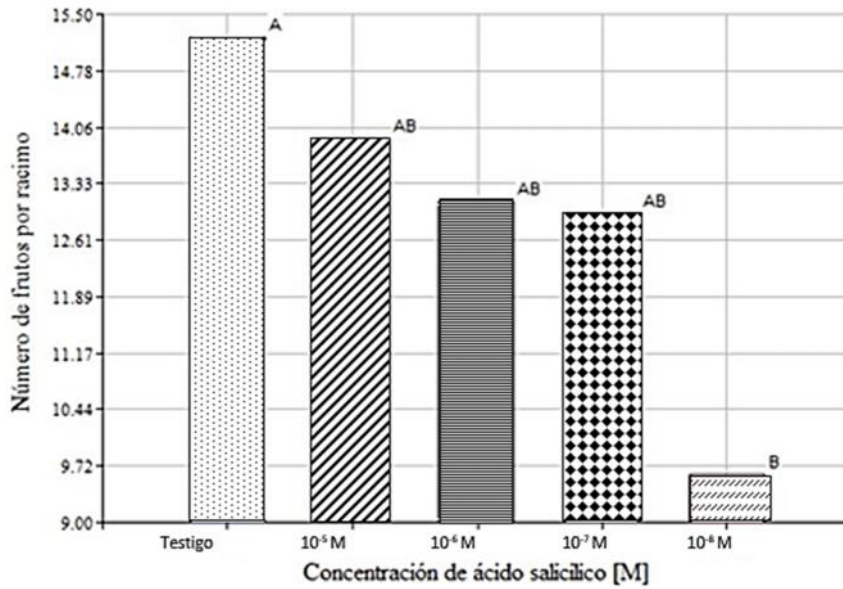
El testigo muestra resultados similares en ambas localidades teniendo una diferencia de 0.8 flores por racimo.

Las plantas tratadas con AS evidenciaron mayor precocidad en la formación de flores, al igual que en la localidad de Esquipulas Palo Gordo en San José Las Islas se tuvo la aparición del primer racimo floral 14 días después del trasplante y teniendo una diferencia de 14 días de precocidad en comparación al testigo.

9.2.5 Número de frutos por racimo

Las plantas asperjadas con AS obtuvieron un incremento de frutos por racimo comparadas con el testigo según gráfica 15, el cuadro 14 presenta diferencia estadística significativa. El tratamiento 10^{-5} M fue el que presentó la media mayor con 15.20 frutos por racimo, incrementando la producción en un 58% respecto al testigo (9.60 frutos por racimo), los tratamientos 10^{-6} , 10^{-8} y 10^{-8} incrementaron el número de frutos por racimo en un 44, 36 y 34% respecto al testigo.

Gráfica 15 Efecto del ácido salicílico en el número de frutos por racimo de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos



DMS= 4.60

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro17 Análisis de varianza para el número de frutos por racimo de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media Número de frutos por..	25	0.42	0.31	18.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Número de frutos por racim..	86.05	4	21.51	3.65	0.0218
Error	117.95	20	5.90		
Total	204.00	24			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.59600

Error: 5.8975 gl: 20

Número de frutos por racim.. Medias n E.E.

1E-5	15.20	5	1.09	A
1E-6	13.90	5	1.09	A B
1E-8	13.10	5	1.09	A B
1E-7	12.95	5	1.09	A B
Testigo	9.60	5	1.09	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

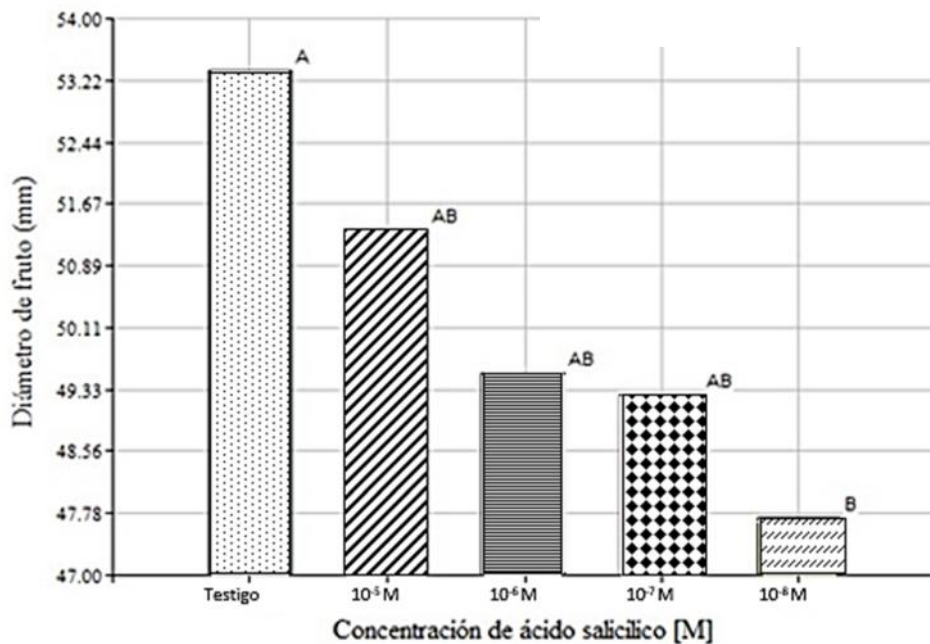
En este caso el tratamiento 10^{-5} M fue la que presentó la mayor producción de frutos por racimo, produciendo 5.6 frutos más que el control, además todos los tratamientos donde se aplicó AS superaron al testigo en producción de frutos.

En ambas localidades el mejor tratamiento fue 10^{-5} M, sin embargo, en la localidad de Esquipulas Palo Gordo se obtuvo 1.35 frutos más por racimo que en San José Las Islas. En ambas localidades el testigo tuvo una media de 9.60 frutos por racimo. En ambas localidades los tratamientos 10^{-6} , 10^{-7} y 10^{-8} M tuvieron resultados muy similares.

9.2.6 Diámetro del fruto

El cuadro 18 evidencia que existió diferencia estadística significativa, siendo las plantas asperjadas con AS con las concentraciones 10^{-7} y 10^{-5} M las que mostraron un mayor diámetro del fruto con 53.35 y 51.34 mm; la diferencia estadística fue con las plantas asperjadas con AS en la concentración de 10^{-6} M (47.72 mm), el tratamiento 10^{-8} M tuvo una media de 49.54 mm mientras que el testigo 49.26 mm (Gráfica 16).

Gráfica 16 Efecto del ácido salicílico en el diámetro de fruto de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos



DMS= 5.07

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro18 Análisis de varianza para el diámetro de fruto de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media diámetro de fruto (m..	25	0.39	0.27	5.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Diámetro de fruto (mm)	93.18	4	23.29	3.24	0.0334
Error	143.76	20	7.19		
Total	236.94	24			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.07405

Error: 7.1882 gl: 20

Diámetro de fruto (mm)	Medias	n	E.E.
1E-7	53.35	5	1.20 A
1E-5	51.34	5	1.20 A B
1E-8	49.54	5	1.20 A B
Testigo	49.26	5	1.20 A B
1E-6	47.72	5	1.20 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

En la localidad de Esquipulas Palo Gordo se obtuvo la media de frutos con mayor diámetro, superando los 57 mm con el tratamiento 10⁻⁵ M mientras que en San José Las Islas la media mayor superó los 53 mm con el tratamiento 10⁻⁷ M.

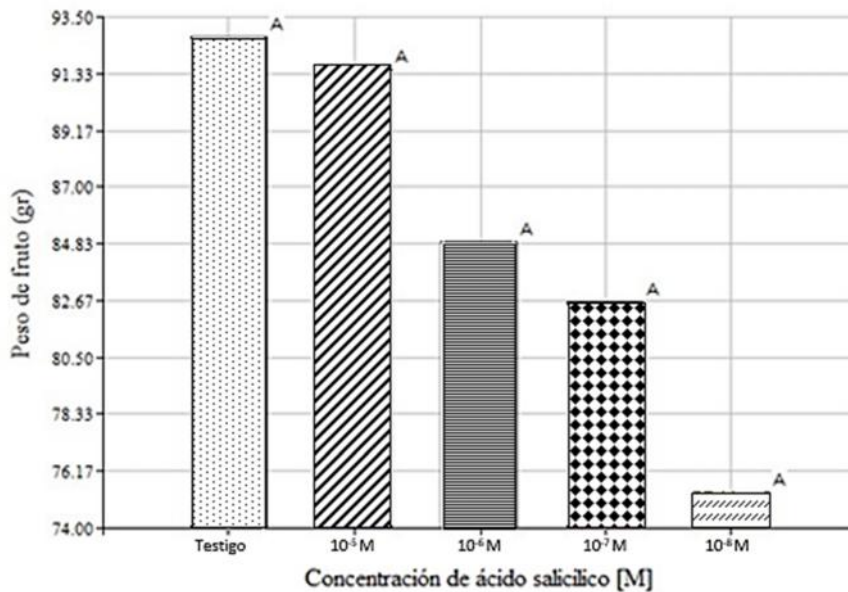
En ambas localidades el tratamiento 10⁻⁷ M presenta medias muy similares, mientras que el testigo en la localidad de Esquipulas Palo Gordo presentó mayor diámetro de frutos en comparación a San José Las Islas. En ambas localidades el tratamiento 10⁻⁶ M mostró los frutos con menor diámetro teniendo medias muy similares.

9.2.7 Peso por fruto

El análisis de varianza no mostró diferencia estadística significativa (cuadro19). Los tratamientos 10^{-7} M (92.74 gr) y 10^{-5} M (91.50 g) fueron los que mayor peso reportaron comparado con los demás tratamientos y el testigo.

El tratamiento 10^{-8} M mostró una media de 84.92 g, el testigo 82.57 g, mientras que el tratamiento 10^{-6} M fue el que tuvo la menor media con 75.34 g (Gráfica 17).

Gráfica 17 Efecto del ácido salicílico en el peso de fruto de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos



DMS= 20.34

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro19 Análisis de varianza para el peso de fruto de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos.

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Media peso de fruto (gr)	25	0.30	0.16	12.58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Peso de fruto (gr)	1002.48	4	250.62	2.17	0.1096
Error	2310.38	20	115.52		
Total	3312.85	24			

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

En las localidades de San José Las Islas y Esquipulas Palo Gordo el tratamiento 10⁻⁷ M produjo la media de frutos de tomate con mayor peso y en segundo lugar el tratamiento 10⁻⁵ M.

En Esquipulas Palo Gordo se obtuvieron las medias más altas en esta variable, superando a los mismos tratamientos en San José Las Islas, incluso, el testigo en la localidad de Esquipulas Palo Gordo tuvo una media mayor en comparación con San José Las Islas.

El tratamiento 10⁻⁷ M alcanzó un incremento en más de 3 gramos por fruto en la localidad de Esquipulas Palo Gordo en comparación con el mismo tratamiento en San José Las Islas.

El cuadro 20 muestra los diferentes porcentajes en cuanto a calidad del fruto en peso de los frutos cosechados en San José Las Islas, habiendo ligeros aumentos en la producción de frutos con pesos menores a 20 gramos en comparación con la localidad de Esquipulas Palo Gordo.

En el caso de frutos de calidad pequeño (20-59 gr) el testigo fue el que produjo el mayor porcentaje con 53.23% mientras que el tratamiento 10^{-5} M produjo la menor cantidad (48.43%).

En calidad mediano (60-83 gr) el tratamiento 10^{-8} M produjo el menor porcentaje de frutos cosechados con 19.25% mientras que el tratamiento 10^{-6} M produjo el mayor porcentaje en esta categoría con 23.41%.

en categoría grande (84-100 gr) el tratamiento 10^{-5} M produjo el mayor porcentaje con 12.50% mientras que el tratamiento 10^{-7} M produjo el menor porcentaje, con 9.05 % del total de frutos cosechados.

En la categoría extra grande (101 – 135 gr) el tratamiento 10^{-7} M produjo 15.98% de total de la cosecha siendo el de mayor producción en esta categoría mientras que el tratamiento 10^{-6} M obtuvo el menor porcentaje con 10.43% del total cosechado.

En la categoría superior a 135 gr el tratamiento 10^{-7} M tuvo el mayor porcentaje con 4.5% mientras que el tratamiento 10^{-6} M y el testigo obtuvieron los porcentajes menores con 2.39 y 2.40% respectivamente.

Cuadro20 Efecto del ácido salicílico en la calidad en peso de los frutos de tomate híbrido Blindado, San José Las Islas, San Marcos.

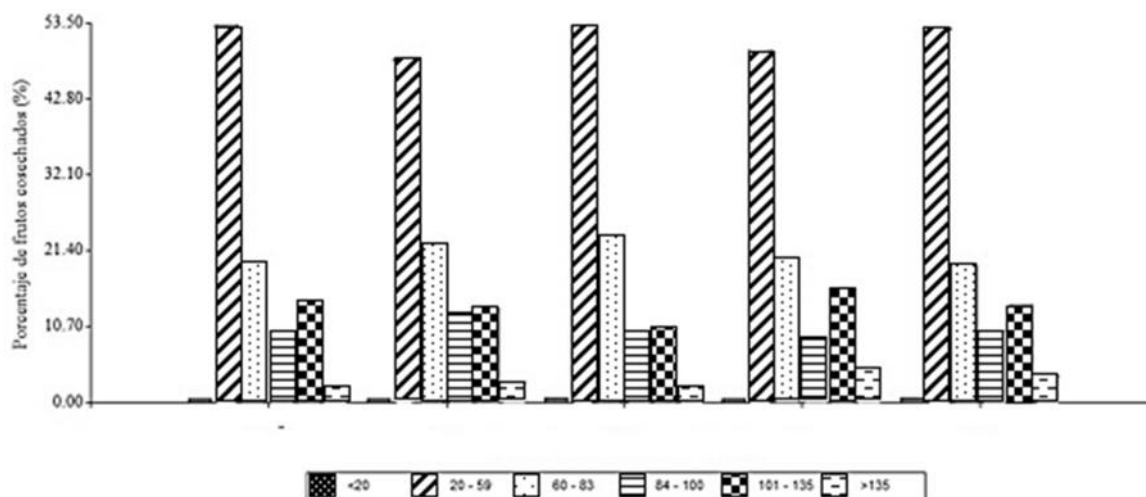
Categoría	Rangos (gramos)	Tratamientos				
		Testigo	10^{-5} M	10^{-6} M	10^{-7} M	10^{-8} M
	<20	0.50	0.55	0.66	0.54	0.61
Pequeño	20 - 59	53.23	48.43	53.11	49.70	52.76
Mediano	60 - 83	19.86	22.43	23.41	20.23	19.25
Grande	84 - 100	9.80	12.50	10.00	9.05	10.02
Extra grande	101 - 135	14.21	13.21	10.43	15.98	13.70
	>135	2.40	2.88	2.39	4.50	3.66

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

La Gráfica 18 muestra que al igual que, en la localidad de Esquipulas Palo Gordo la mayor producción de frutos fue de la calidad pequeño (20-59 gr), sin embargo, se observa que la producción en esta calidad fue mayor debido principalmente a que

las temperaturas en la localidad de San José Las Islas son más altas lo cual hace que los frutos lleguen a su madurez fisiológica con mayor rapidez haciendo que los frutos no puedan seguir recibiendo los nutrientes que la planta produce y/o absorbe. Observamos que el comportamiento en cuanto a producción del híbrido fue el mismo en ambas localidades.

Gráfica 18 Efecto del ácido salicílico en la calidad de frutos de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José Las Islas, San Marcos.

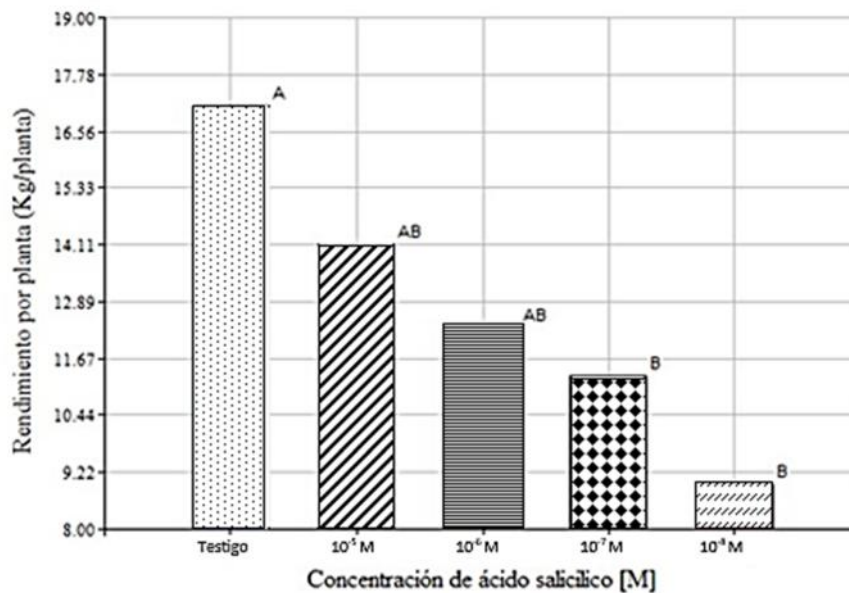


Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el

9.2.8 Rendimiento por planta

Para la variable rendimiento por planta, el análisis de varianza mostró diferencia estadística significativa (cuadro 21), siendo el tratamiento 10^{-5} M de AS con mayor rendimiento comparado con el testigo con una producción de $17.12 \text{ kg/planta}^{-1}$, lo que significa un aumento de 91% superior al testigo y 51% superior al tratamiento 10^{-8} M. En general todos los tratamientos donde se aplicó AS tuvieron un incremento en su producción con respecto al testigo (Gráfica 19).

Gráfica 19 Efecto del ácido salicílico en el rendimiento por planta de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos



DMS= 5.49

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro21 Análisis de varianza para el rendimiento por planta de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media rendimiento por plan..	25	0.53	0.43	22.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F.....	p-valor
Rendimiento por planta (kg..	188.41	4	47.10	5.61	0.0034
Error	168.01	20	8.40		
Total	356.42	24			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.48526

Error: 8.4004 gl: 20

Rendimiento por planta (kg..	Medias	n	E.E.		
1E-5	17.12	5	1.30	A	
1E-7	14.12	5	1.30	A	B
1E-6	12.32	5	1.30	A	B
1E-8	11.28	5	1.30		B
Testigo	8.96	5	1.30		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Se observa que todos los tratamientos donde se aplicó AS superaron en producción al testigo.

El tratamiento 10⁻⁵ M fue superior con una producción casi del doble con respecto al testigo.

En ambas localidades el tratamiento 10⁻⁵ M de AS fue el que manifestó la mayor producción y en segundo lugar el tratamiento 10⁻⁷ M evidenció la segunda mayor producción; ambos tratamientos superaron en producción en la localidad de Esquipulas

Palo Gordo a lo que se produjo en la localidad de San José Las Islas. Los tratamientos 10^{-6} M y 10^{-8} M mostraron producciones similares en ambas localidades.

El testigo obtuvo las medias más bajas en ambas localidades, en la localidad de Esquipulas Palo Gordo tuvo un rendimiento mayor en comparación a San José Las Islas.

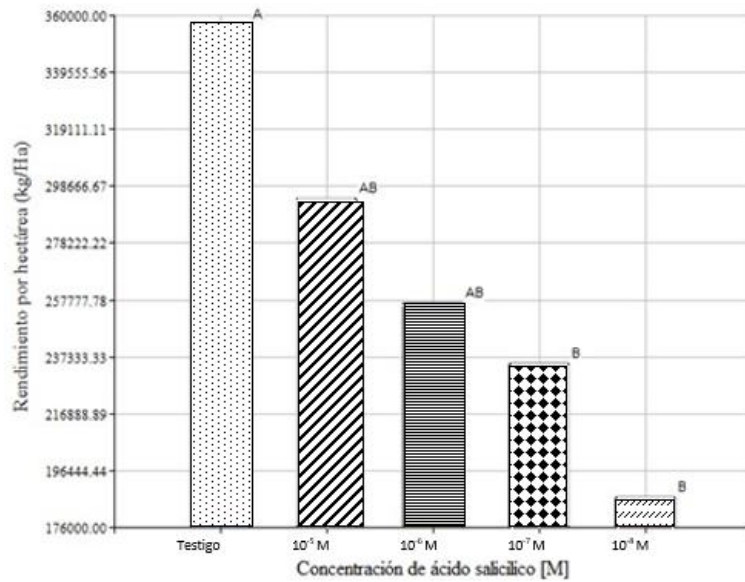
9.2.9 Rendimiento por hectárea

El rendimiento por hectárea total se obtuvo luego de los 300 días de edad del cultivo. El análisis de varianza indica diferencia estadística significativa entre el tratamiento 10^{-5} M y el tratamiento 10^{-8} M y el testigo (cuadro 22), siendo los mejores tratamientos 10^{-5} M de AS el mejor tratamiento con $356661.03 \text{ Kg/Ha}^{-1}$

El tratamiento 10^{-7} M con una producción de $294160.00 \text{ Kg/Ha}^{-1}$, equivalente a una producción de 35.67 kg/m^2 y 29.42 kg/m^2 respectivamente. Lo que significa un incremento de 91 y 57% respecto al testigo.

En la Gráfica 19 se observa que todos los tratamientos en los que se asperjó AS obtuvieron un incremento en cuanto a la producción con respecto al testigo.

Gráfica 20 Efecto del ácido salicílico en el rendimiento por hectárea de tomate indeterminado híbrido Blindado, San José las Islas, San Marcos



DMS= 114276.24

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA

Cuadro22 Análisis de varianza para el rendimiento por hectárea de tomate indeterminado, San José las Islas, San Marcos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Media rendimiento por parc..	25	0.53	0.43	22.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	81774635062.20	4	20443653765.55	5.61	0.0034
Rendimiento por parcela (k..	81774635062.20	4	20443653765.55	5.61	0.0034
Error	72920552481.62	20	3646027624.08		
Total	154695187542.83	24			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=114276.23581

Error: 3646027624.0812 gl: 20

Rendimiento por parcela (k..	Medias	n	E.E.
1E-5	356661.03	5	27003.81 A
1E-7	294160.00	5	27003.81 A B
1E-6	256566.23	5	27003.81 A B
1E-8	234979.31	5	27003.81 B
Testigo	186681.52	5	27003.81 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

El tratamiento 10⁻⁵ M obtuvo mejor rendimiento en ambas localidades y por ende una mayor producción por área.

En la localidad de Esquipulas Palo Gordo se observó una mayor producción en la mayoría de los tratamientos, siendo la producción menor, únicamente con el tratamiento 10⁻⁶ M.

En ambas localidades las aplicaciones de AS modificaron el comportamiento de la planta, una mayor producción en ambas localidades en comparación al testigo.

De acuerdo a Arroyo, (2012) las plantas que son asperjadas con AS alteran su patrón de comportamiento, priorizando el envío de biomasa a la parte cosechable,

mientras que las plantas donde no se asperjó AS priorizan la formación de biomasa vegetativa.

En cuanto a cosecha, todos los tratamientos donde se aplicó AS presentaron una precocidad de 15 días en comparación al testigo, siendo la primera cosecha a los 65 días después del trasplante y la primera cosecha del testigo fue a los 80 días después del trasplante.

9.2.10 Rentabilidad

En el cuadro 23 se observan los costos estimados para una hectárea de producción de tomate, también se observa el ingreso por venta de la producción de cada uno de los tratamientos, así como el costo estimado de producción y el ingreso por metro cuadrado de producción para la localidad de San José Las Islas.

Cuadro23 Tasa interna de retorno proyectada por hectárea y por metro cuadrado de los tratamientos evaluados, San José Las Islas, San Marcos

COSTOS POR HECTÁREA		T0 (sin aplicación de AS)	T1 (10 ⁻⁵ M)	T2 (10 ⁻⁶ M)	T3 (10 ⁻⁷ M)	T4 (10 ⁻⁸ M)
INSUMOS	Pilón	Q30,208.33	Q30,208.33	Q30,208.33	Q30,208.33	Q30,208.33
	Agroquímicos	Q183,148.15	Q183,148.15	Q183,148.15	Q183,148.15	Q183,148.15
	Fertilizantes	Q188,425.93	Q181,134.26	Q181,134.26	Q181,134.26	Q181,134.26
	Cinta de riego	Q18,518.52	Q18,518.52	Q18,518.52	Q18,518.52	Q18,518.52
	Pita, trampas y otros insumos	Q12,129.63	Q12,129.63	Q12,129.63	Q12,129.63	Q12,129.63
	Agua de riego	Q1,700.00	Q1,700.00	Q1,700.00	Q1,700.00	Q1,700.00
MANO DE OBRA	Preparación del suelo	Q8,348.15	Q8,348.15	Q8,348.15	Q8,348.15	Q8,348.15
	Siembra	Q4,174.07	Q4,174.07	Q4,174.07	Q4,174.07	Q4,174.07
	Tutorado	Q4,174.07	Q4,174.07	Q4,174.07	Q4,174.07	Q4,174.07
	Aplicación agroquímicos	Q133,570.37	Q133,570.37	Q133,570.37	Q133,570.37	Q133,570.37
	Podas	Q66,833.33	Q66,833.33	Q66,833.33	Q66,833.33	Q66,833.33
	Aplicaciones de fertilizantes	Q66,833.33	Q66,833.33	Q66,833.33	Q66,833.33	Q66,833.33
	Cosecha	Q100,177.78	Q100,177.78	Q100,177.78	Q100,177.78	Q100,177.78
TRATAMIENTOS	Agua destilada	Q0.00	Q18,518.52	Q18,518.52	Q18,518.52	Q18,518.52
	Ácido salicílico	Q0.00	Q0.20	Q0.02	Q0.01	Q0.01
	Alcohol etílico (95%)	Q0.00	Q3.70	Q3.70	Q3.70	Q3.70
	Preparación del AS	Q0.00	Q1,043.52	Q1,043.52	Q1,043.52	Q1,043.52
	Aplicación de AS	Q0.00	Q8,348.15	Q8,348.15	Q8,348.15	Q8,348.15
COSTO TOTAL		Q818,241.67	Q838,864.09	Q838,863.91	Q838,863.90	Q838,863.90
costo por metro cuadrado		Q81.82	Q83.89	Q83.89	Q83.89	Q83.89
INGRESOS POR Invernadero		T0 (sin aplicación de AS)	T1 (10 ⁻⁵ M)	T2 (10 ⁻⁶ M)	T3 (10 ⁻⁷ M)	T4 (10 ⁻⁸ M)
Rendimiento kg/hectárea		186,681.52	356,661.03	256,566.23	294,160.00	234,979.31
Precio estandarizado		Q5.50	Q5.50	Q5.50	Q5.50	Q5.50
Ingreso total		Q1,026,748.36	Q1,961,635.67	Q1,411,114.27	Q1,617,880.00	Q1,292,386.21
Ingreso por metro cuadrado		Q102.67	Q196.16	Q141.11	Q161.79	Q129.24
Ganancia neta		Q208,506.69	Q1,122,771.58	Q572,250.36	Q779,016.10	Q453,522.31
Ganancia neta por metro cuadrado		Q20.85	Q112.28	Q57.23	Q77.90	Q45.35
Análisis económico						
Tasa de retorno sobre la inversión inicial		125.48	233.84	168.22	192.87	154.06

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

Todos los tratamientos presentan una tasa de retorno sobre la inversión inicial mayor a 100, indicando que se obtuvieron ganancias con todos los tratamientos.

El tratamiento 10^{-5} M de AS fue el que mayor tasa de retorno produjo con 233.84, lo que significa que por cada Q100.00 invertidos se recibirán Q233.84.

El tratamiento 10^{-7} M, manifestó la segunda tasa mayor con 192.87; en tercer lugar, el tratamiento 10^{-6} M con 168.22, seguido del tratamiento 10^{-8} M con una tasa de 154.06 y en último lugar el testigo con una tasa de 125.48.

En cuanto a ganancia por unidad de superficie, el tratamiento 10^{-5} M produjo Q112.28 por metro cuadrado de producción 5 veces mayor que el testigo.

El tratamiento 10^{-7} M produjo una ganancia de Q77.90 por metro de producción, siendo más del triple de ganancias comparado al testigo.

El tratamiento 10^{-6} M produjo una ganancia de Q57.23 y el tratamiento 10^{-8} M produjo una ganancia de Q45.35, todos los tratamientos superaron en cuanto a las ganancias al testigo, siendo las ganancias del testigo Q20.85 por metro cuadrado de producción, lo que demuestra que al aplicar AS a plantas de tomate produjo ganancias considerables.

10. Conclusiones

1. La aplicación de ácido salicílico presentó efecto sobre el comportamiento de las plantas de tomate híbrido Blindado F1, haciéndolas producir una mayor cantidad de frutos obteniendo una mayor producción.
2. La producción de racimos florales y el tiempo a la primera cosecha se vieron afectadas por la aplicación de AS, teniendo la aparición del primer racimo floral en ambas localidades a los 14 días después del trasplante y una precocidad a la cosecha de 15 días en ambas localidades con respecto al testigo.
3. Estadísticamente, la aplicación de ácido salicílico no tuvo un efecto en la altura de planta, diámetro del tallo, racimos producidos por planta, número de flores por racimo, diámetro de frutos y peso de frutos en ambas localidades.
4. Existió diferencia estadística significativa en los variables frutos por racimo, rendimiento por planta y rendimiento por hectárea, se acepta la hipótesis uno para los variables frutos por racimo, rendimiento por planta y rendimiento por hectárea.
5. El tratamiento 10^{-5} M presentó una producción estimada de $401,789.34 \text{ Kg/Ha}^{-1}$ equivalente a una producción de 40.18 kg/m^2 representando un incremento de 72% con respecto al testigo en la localidad de Esquipulas Palo Gordo.
6. En la localidad de San José Las Islas, el tratamiento 10^{-5} M de AS obtuvo un rendimiento de $356,661.03 \text{ Kg/Ha}^{-1}$ equivalente a una producción de 35.67 kg/m^2 , significa un incremento de 91% con respecto al testigo, habiendo diferencias significativa por lo que se acepta la hipótesis dos.
7. Los tratamientos 10^{-5} M y 10^{-7} M manifestaron tener las mayores tasas de retorno en la localidad de Esquipulas Palo Gordo siendo 263.43 y 235.37

respectivamente, la ganancia neta por metro cuadrado de producción equivale a Q137.10 y Q113.56 mientras que el testigo obtuvo una ganancia de Q46.10.

8. En San José Las Islas los tratamientos 10^{-5} M y 10^{-7} M presentaron las tasas de retorno mayor con 233.84 y 192.87 respectivamente, las ganancias ascendieron a Q112.28 y Q77.90 por metro cuadrado de producción, en tanto que el testigo obtuvo una ganancia de Q20.85. Por lo tanto, se acepta la hipótesis tres.
9. Las plantas que fueron asperjadas con AS mostraron tener una mayor tolerancia a enfermedades en comparación al testigo.
10. Los frutos provenientes de plantas que fueron asperjadas con AS mostraron tener una mayor vida de anaquel en comparación con los frutos de las plantas testigo.

11. Recomendaciones

1. Evaluar el efecto del ácido salicílico en otros híbridos y variedades de tomate para conocer el comportamiento de las plantas en su producción.
2. Se recomienda la dosis 10^{-5} M de AS para lograr una mayor producción de frutos de tomate por racimo y por ende un mayor rendimiento por planta y por área.
3. Se recomienda utilizar la dosis 10^{-5} M de AS debido a que produjo las mayores ganancias.
4. Realizar investigaciones sobre el efecto que puede tener el AS en incrementar la tolerancia a enfermedades en los diversos cultivos.
5. Realizar investigaciones sobre el efecto que puede tener el AS en la vida post-cosecha de los frutos de tomate.
6. Realizar análisis bromatológicos a frutos provenientes de plantas asperjadas con AS para conocer si hay algún efecto en el contenido nutricional de dichos frutos.
7. Investigar el efecto del AS en otros cultivos de importancia agrícola.

12. Referencias Bibliográficas

Anchondo-Aguilar, A; Núñez-Barrios, A; Ruiz-Anchondo, T; Martínez-Tellez, J; Vergara-Yoisura, S; Larqué-Saavedra, A. (s.f). Efecto del ácido salicílico en la bioproductividad de la fresa (*Fragaria ananassa*) cv Aromosa (en línea). Consultado 4 jun. 2016. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2n2/v2n2a10.pdf>

Benavides Mendoza A. (s.f.). El ácido salicílico es un agente señalizador y promotor de resistencia biótica y abiótica en las plantas (En línea). Consultado 4 jun. 2016. Disponible en: http://abenmen.com/a/rev_salicilico.pdf

El uso del ácido salicílico y fosfonatos (fosfitos) para activación del sistema de resistencia adquirida de la planta (2008). Consultado 4 jun. 2016. Disponible en: http://www.mcahonduras.hn/documentos/PublicacionesEDA/Manuales%20de%20produccion/EDA_Produccion_Uso_de_Acido_Salicilico_Y_Fosfitos_01_08.pdf

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia)
1998. RENTABILIDAD (en línea). Consultado 20 nov. 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/v8490s/v8490s09.htm#TopOfPage>

Javaheri, M; Mashayekhi, K; Dadkhah, A; Zaker Tavallaee, F. 2012. Effects of salicylic acid on yield and quality characters of tomato fruit (*Lycopersicum esculentum* Mill.) (En línea). Consultado 18 jul. 2016. Disponible en: <http://ijagcs.com/wp-content/uploads/2012/10/1184-1187.pdf>

Larqué-Saavedra, A; Martín-Mex, R; Nexticapan-Garcéz, A; Vergara-Yoisura, S. 2009. Uso de compuestos tipo aspirina alternativa en la productividad de hortalizas en

Campeche (En línea). Consultado 4 jun. 2016. Disponible en: www.fomixcampeche.gob.mx/documentos/articulos_02/focare_02_aspirina.pdf

Larqué-Saavedra, A; Martín-Mex, R; Nexticapan-Garcéz, A; Vergara-Yoisura, S; Gutiérrez- Rendón M. (s.f.). Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) (En línea). Consultado 4 jun. 2016. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v16n3/v16n3a6.pdf>

López Tejeda, R; Camacho Rodríguez, V; Gutiérrez Coronado, M. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo (En línea). Consultado 4 jun. 2016. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/16/1/art43-48.pdf>

Manual de plan de manejo integrado de enfermedades del tomate en Guatemala (*Solanum lycopersicum* L.). 2015. Consultado 7 jul. 2016. Disponible en: <http://proyectoadaintegracion.gt/wp-content/uploads/2014/01/Manual-de-Manejo-Integrado-de-Enfermedades-del-Tomate.pdf>

Martin-Mex, R., A. Nexticapan-Garcez and A. Larqué Saavedra. 2013. Potential benefits of salicylic acid in food production. In: Hayat, S., and A. Ahmad (eds). Salicylic Acid- Plant Growth and Development. Springer, Dordrecht. The Netherlands (en línea). Consultado 4 jun. 2016. Disponible en: https://books.google.com.gt/books?id=ac9AAAAAQBAJ&pg=PA80&dq=Salicylic+Acid-Plant+Growth+and+Development.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjQ_OCx-e7PAhWCdz4KHcRyDnUQ6AEIGjAA#v=onepage&q=Salicylic%20Acid-Plant%20Growth%20and%20Development.&f=false

May Pat, J A. 2005. Efecto del ácido salicílico en la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) en invernadero (en línea). Tesis Ing. Agr. Especialista en suelos. Texcoco de Mora, México, Universidad Autónoma Chapingo.

Consultado 4 jun. 2016. Disponible en:
<http://suelos.chapingo.mx/tesis/tesis/221.pdf>

Porres, V; de León, E; Cifuentes, R. 2015. Evaluación de cuatro híbridos de tomate y tres programas de fertilización bajo condiciones de invernadero en el departamento de Sololá. (En línea). Consultado 4 ago. Disponible en:
<http://uvg.edu.gt/publicaciones/revista/volumenes/numero-30/REV-30-pags-71-77.pdf>

Ramírez Zambrano, R. 2012. Efecto del Ácido Salicílico en el Crecimiento y Desarrollo de un Cultivo de Acelga (*Beta vulgaris* L. var. Fordhook) (en línea). Tesis Ing. En agrobiología. Coahuila, México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Consultado 4 ago. 2016. Disponible en: <http://biblioteca.uaaan.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=62236>

Rangel Sánchez, G; Castro Mercado, E; Beltran Peña, E; Reyes de la Cruz, H; García Pineda, E. 2010. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas (En línea). Consultado 4 jun. 2016. Disponible en <http://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/viewFile/83/83>

Rodríguez Larramendi, L; Matos Y; Santos, P; Infante, S. 2008. Crecimiento, floración y fructificación en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L., var. Vyta) provenientes de semillas tratadas con ácido salicílico (En línea). Consultado 4 jun. 2016. Disponible en:
http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V35-Numero_1/cag061081587.pdf

Shahba, Z; Baghizadeh, A; 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 and Biochemistry*. Vol. 6
Núm. 3, 4-16.

Valz De Campollo, AP. 2014. Evaluación de productos alternativos para el control de mildiu polvoriento en el cultivo de rosa (en línea). Tesis Lic. Guatemala de la Asunción, Guatemala, URL. Consultado 4 ago. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/11/Pagliara-Anabella.pdf>

Yildirim, E; 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.

13. Anexos

1 Mapa de la localidad de Esquipulas Palo Gordo, municipio de Esquipulas Palo Gordo y departamento de San Marcos.



Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

2 Mapa de la localidad de San José Las Islas, municipio de San Marcos y departamento de San Marcos.



Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en julio 2017 a abril 2018, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

3 Matrices para colecta de datos de caracteres evaluados.

Rendimiento por planta

Tratamiento	Variable: Rendimiento por planta (Kg/planta)						
	Planta						
	1	2	3	4	5	6	7
T0							
T1							
T2							
T3							
T4							

Peso por fruto

Tratamiento	Variable: Peso por fruto (gr)						
	Racimo No.			Planta No.			
	1	2	3	4	5	6	7
T0							
T1							
T2							
T3							
T4							

Altura de planta

Tratamiento	Variable: Altura de planta (cm)						
	Planta						
	1	2	3	4	5	6	7
T0							
T1							
T2							
T3							
T4							

Diámetro del tallo

Tratamiento	Variable: Diámetro de tallo (mm)						
	Planta						
	1	2	3	4	5	6	7
T0							
T1							
T2							
T3							
T4							

Numero de flores por racimo

Tratamiento	Variable: Número de flores por racimo						
	Racimo No.			Planta No.			
	1	2	3	4	5	6	7
T0							
T1							
T2							
T3							
T4							

Diámetro del fruto

Tratamiento	Variable: Diámetro de frutos (mm)						
	Racimo No.			Plantas No.			
	1	2	3	4	5	6	7
T0							
T1							
T2							
T3							
T4							

Numero de frutos por racimo

Tratamiento	Variable: Número de frutos por racimo						
	Racimo No.			Planta No.			
	1	2	3	4	5	6	7
T0							
T1							
T2							
T3							
T4							

Numero de racimos por planta

Tratamiento	Variable: Número de racimos por planta						
	Planta						
	1	2	3	4	5	6	7
T0							
T1							
T2							
T3							
T4							

Rendimiento por parcela

Tratamiento	Variable: Rendimiento por parcela (Kg/Ha)						
	Planta						
	1	2	3	4	5	6	7
T0							
T1							
T2							
T3							
T4							

4 Escala de calidad de fruto respecto a su peso

Tamaño	Peso
Pequeño	20 – 59 gramos
Mediano	60 – 83 gramos
Grande	84 – 100 gramos
Extra grande	100 – 135 gramos

Fuente: Horticultura Group, disponible en:
http://www.premierhorticultura.com/exportacion_premier_horticultura_group.html

5 Resultados de análisis de suelos

14 avenida 19-50 Condado El Naranjo
Ofibodegas San Sebastián, Bodega 23,
Zona 4 de Mixco, Guatemala.
PBX: 2416-2916 Fax: 2416-2917
Info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com



Lotificación El Pelicario, Lote 6
Carretera al Pacífico, Km. 91
Santa Lucía Cotz, Escuintla
PBX: 7882-2428
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Cliente : IICA - CRIA (00245)
 Persona Responsable : ING. PLUTARCO MORALES
 Finca : ESQUIPULAS PALO GORDO (25595)
 Localización : Esquipulas Palo Gordo, SAN MARCOS
 Referencia Cliente : ESQUIPULAS PALO GORDO
 Cultivo : TOMATE-Lycopersicon esculentum (51)

Número de orden : 101988
 Código de muestra : 17.06.28.04.03
 Fecha de ingreso : 28/06/2017
 Fecha del informe : 07/07/2017
 Asesor : RECEPCION AGRICOLA

PARAMETROS DE SUELOS	RANGO ADECUADO
pH	6.66
Concentración de Sales (C.S.)	1.33 dS/m
Materia Orgánica (M.O.)	4.91 %
C.I.C.e	20.3 meq/100 ml
Saturación K	7.16 %
Saturación Ca	81.50 %
Saturación Mg	10.30 %
Saturación Al+H	0.00 %
Saturación Na	1.05 %

ELEMENTO	CONC. ppm (p/v)	NIVELES			RANGO ADECUADO ppm (p/v)	DOSIS Kg/Ha *
		BAJO	ADECUADO	ALTO		
Nitrato	N-NO ₃	216.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		25 - 250	
Fósforo	P	137.3	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		30 - 75	P ₂ O ₅
Potasio	K	565.6	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		300 - 500	K ₂ O
Calcio	Ca	3302.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		2000 - 3000	
Magnesio	Mg	250.3	XXXXXXXXXXXX		250 - 500	
Azufre	S	49.9	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		10 - 100	
Boro	B	1.8	XXXXXXXXXXXX		1 - 5	B ₂ O ₃
Cobre	Cu	2.9	XXXXXXXXXXXX		1 - 7	
Hierro	Fe	62.1	XXXXXXXXXXXX		40 - 250	
Manganeso	Mn	22.4	XXXXXXXXXXXX		10 - 250	
Zinc	Zn	18.5	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		2 - 25	
Aluminio	Al	< 8.0	X		< 20% Sat Al	
Sodio	Na	< 50.0	XXXXXX		< 5% Sat Na	

** No se tienen datos del rango adecuado para este elemento. * Kg/Ha x 1.54 = lbs/m²

Revisado: 
Gerente de Laboratorios

Metodología con base en:
 Sparks D.(ed) (1996). Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods.
 Soil pH(1.2). Soil: Water Ratio Method.
 Western States Laboratory Proficiency Testing program Soil and Plant Analytical Methods. Versión 4.10.1998

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recolectada en el Laboratorio.
 La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
 Este informe es válido únicamente en su impresión original



14 avenida 19-50 Condado El Naranjo
 Oficinas San Sebastián, Bodega 23,
 Zona 4 de Mixco, Guatemala,
 PBX: 2416-2916 Fax: 2416-2917
 info@solucionesanaliticas.com
 www.solucionesanaliticas.com



Lotificación El Relicario, Lote 6
 Carretera al Pacífico, Km. 91
 Santa Lucía Cotz, Escuintla
 PBX: 7882-2428
 info@solucionesanaliticas.com
 www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Cliete : IICA - CRIA (00245)
 Persona Responsable : ING. PLUTARCO MORALES
 Finca : SAN JOSE LAS ISLAS (25596)
 Localización : San Marcos, SAN MARCOS
 Referencia Cliente : SAN JOSE LAS ISLAS
 Cultivo : TOMATE-Lycopersicon esculentum (51)

Número de orden : 101989
 Código de muestra : 17.06.28.04.04
 Fecha de ingreso : 28/06/2017
 Fecha del informe : 07/07/2017
 Asesor : RECEPCION AGRICOLA

PARAMETROS DE SUELOS	RANGO ADECUADO	
pH	7.15	5.50 _ 7.20
Concentración de Sales (C.S.)	2.91 dS/m	0.2 _ 0.8
Materia Orgánica (M.O.)	3.49 %	2.0 _ 4.0
C.L.C.e	25.7 meq/100 ml	5.0 _ 15.0
Saturación K	11.39 %	4% _ 6%
Saturación Ca	66.63 %	60% _ 80%
Saturación Mg	20.61 %	10% _ 20%
Saturación Al+H	0.00 %	< 20%
Saturación Na	1.36 %	< 5%

ELEMENTO	CONC. ppm (p/v)	NIVELES			RANGO ADECUADO ppm (p/v)	DOSIS Kg/Ha *
		BAJO	ADECUADO	ALTO		
Nitrato	N-NO ₃	562.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		25 - 250	
Fósforo	P	591.7	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		30 - 75	P ₂ O ₅
Potasio	K	1141.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		300 - 500	K ₂ O
Calcio	Ca	3422.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		2000 - 3000	
Magnesio	Mg	635.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		250 - 500	
Azufre	S	253.5	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		10 - 100	
Boro	B	0.8	XXXXXXXXXXXX		1 - 5	3 B ₂ O ₃
Cobre	Cu	4.6	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		1 - 7	
Hierro	Fe	183.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		40 - 250	
Manganeso	Mn	58.5	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		10 - 250	
Zinc	Zn	41.3	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		2 - 25	
Aluminio	Al	< 8.0	X		< 20% Sat Al	
Sodio	Na	80.5	XXXXXX		< 5% Sat Na	

** No se tienen datos del rango adecuado para este elemento. * Kg/Ha x 1.54 = lb/ma

Revisado: 
 Gerente de Laboratorios

Metodología con base en:
 Sparks D.(ed) (1996). Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods.
 Soil pH(1.2). Soil: Water Ratio Method.

Western States Laboratory Proficiency Testing program Soil and Plant Analytical Methods. Versión 4.10.1998

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.
 La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
 Este informe es válido únicamente en su impresión original

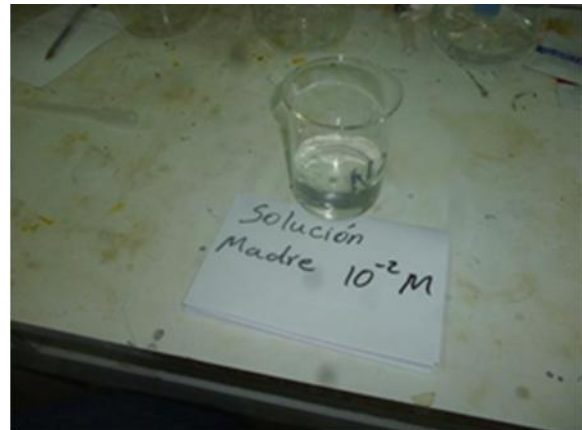


6. Fotografías

Fotografía 1 y 2. Recolección de muestras de suelo en Invernaderos ubicados en San José las Islas y Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.



Fotografía 3 y 4. Preparación de las soluciones de ácido salicílico



Fotografías 5 trasplante de plántulas de tomate e instalación de riego.



Fotografías 6 y 7. Aplicación de ácido salicílico en plantas de tomate ya trasplantadas.



Fotografías 8 y 9 floración y primeros racimos de frutos.



Fotografía 10. Primeros frutos maduros (notar la cantidad de frutos por racimo)



Fotografías 11 y 12. Cosecha de frutos, Esquipulas Palo Gordo.



Fotografías 13 Cosecha de frutos, San José Las Islas.



Fotografía 14 y 15. Frutos de tomate (notar la cantidad por racimo)



Fotografías 16 y 17. Medición de diámetro y pesaje de frutos.



Fotografías 18 y 19. Medición de altura y diámetro de planta.

