

CRIA Occidente

Cadena de Tomate

“Validación del ácido salicílico para incrementar el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo estructura protegida en San Marcos y Quetzaltenango”



Plutarco Emanuel Morales González
Manolo Gudiel Miranda Orozco
Cesar Ismael López Pérez

San Marcos, marzo de 2020

Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de ésta publicación es responsabilidad de sus autores y de la institución a la que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan

Dedicado a Dios, a mi familia y a Guatemala.

Ing. Plutarco Emanuel Morales González

Contenido

1	Introducción	1
2	Marco teórico	3
2.1	<i>Hormona vegetal</i>	3
2.2	<i>Ácido salicílico</i>	3
2.3	<i>Beneficios del ácido salicílico en la producción de alimentos</i>	3
2.3.1	Efecto positivo del ácido salicílico en la fisiología del estrés	3
2.3.2	Efecto positivo del ácido salicílico en el sistema radicular de las plantas	3
2.3.3	Efecto del ácido salicílico en la producción de biomasa	4
2.3.4	Efecto positivo del ácido salicílico en la floración.....	4
2.4	<i>Efecto del ácido salicílico en la fisiología de la planta de tomate</i>	4
2.5	<i>Antecedentes del uso del ácido salicílico en tomate</i>	4
2.6	<i>Validación de tecnologías en sistemas agrícolas</i>	5
2.7	<i>Descripción del tomate híbrido indeterminado Lancelot F1</i>	6
3	Objetivos	7
3.1	<i>General</i>	7
3.2	<i>Específicos</i>	7
4	Hipótesis	7
5	Metodología	8
5.1	<i>Localidad y época</i>	8
5.2	<i>Fase I. Validación</i>	8
5.2.1	Diseño.....	8
5.2.2	Tratamientos	9
5.2.3	Tamaño de las parcelas de validación	9
5.2.4	Prueba T para observaciones pareadas	10
5.2.5	Variables de respuesta	10
5.2.6	Análisis de la información.....	10
5.2.7	Manejo de las parcelas de validación	10
5.2.7.1	Preparación de la solución de ácido salicílico	10
5.2.7.2	Forma de preparación de la solución de ácido salicílico para aplicación a plántulas de tomate	10
5.3	<i>Fase dos. Evaluación de la pre-aceptabilidad</i>	11
5.3.1	Encuesta a agricultores participantes directamente	11
5.3.2	Días de campo	11
5.3.2.1	Programación general	12
6	Análisis y discusión de resultados	13

6.1	<i>Rendimiento de frutos</i>	13
6.2	<i>Pre-aceptabilidad de la tecnología de aplicación de AS</i>	14
6.2.1	Aceptación por parte de los productores	14
6.2.2	Percepción de la altura de planta	15
6.2.3	Percepción de la cantidad de follaje	16
6.2.4	Percepción del número de frutos por racimo.....	16
6.2.5	Percepción del tamaño de frutos.....	17
6.2.6	Percepción de la producción de frutos por planta.....	18
6.2.7	Percepción de la calidad de frutos	18
6.2.8	Percepción del aspecto general de la planta	19
6.2.9	Percepción de la tecnología de aplicaciones de AS en el cultivo de tomate por parte de los asistentes a los días de campo.....	20
7	Conclusiones	22
8	Recomendaciones	22
9	Referencias bibliográficas	23
	Anexos	25

Índice de cuadros

Cuadro 1 Ubicación de parcelas de validación de tecnología de aplicaciones de AS	8
Cuadro 2 Prueba T apareada para rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) con aplicación y sin aplicación de AS en 10 localidades de San Marcos y Quetzaltenango.....	14

Índice de figuras

Figura 1 Croquis de campo de las parcelas pareadas.....	9
Figura 2 Rendimiento promedio de parcelas de validación de la tecnología de aplicación de ácido salicílico en San Marcos y Quetzaltenango.	13
Figura 3 Aceptación de la tecnología de aplicación de AS en cultivo de tomate bajo estructura protegida por parte de los productores.....	15
Figura 4 Percepción de la altura de plantas de tomate con aplicación de AS y sin aplicación de AS por parte del productor	15
Figura 5 Percepción de la cantidad de follaje de plantas de tomate con aplicación de AS y sin aplicación de AS por parte de los productores.....	16
Figura 6 Percepción del número de frutos por racimo de plantas de tomate con aplicación de AS y sin aplicación de AS por parte de los productores.....	17
Figura 7 Percepción del tamaño de frutos de plantas de tomate con aplicación de AS y sin aplicación de AS por parte de los productores.....	17
Figura 8 Percepción de la producción de frutos por planta de tomate con aplicación de AS y sin aplicación de AS por parte de los productores	18
Figura 9 Percepción de la calidad de frutos de plantas de tomate con aplicación de AS y sin aplicación de AS por parte de los productores.....	19
Figura 10 Percepción del aspecto general de plantas de tomate con aplicación de AS y sin aplicación de AS por parte de los productores	19

Lista de siglas y acrónimos

AS	Ácido Salicílico
CRIA	Consortio Regional de Investigación Agropecuaria
CUSAM	Centro Universitario de San Marcos
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
IICA	Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura
M	Molar
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
SNER	Sistema Nacional de Extensión Rural
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USDA	United States Department of Agriculture / Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

Validación del ácido salicílico para incrementar el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo estructura protegida en San Marcos y Quetzaltenango

Plutarco Emanuel Morales González¹

Manolo Gudiel Miranda Orozco²

Cesar Ismael López Pérez³

Resumen

Las aplicaciones de ácido salicílico (AS) con una concentración de 10^{-5} molar [M] a los 7, 14 y 21 días después del trasplante manifestaron un efecto positivo en las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) al incrementar el rendimiento del cultivo, esto permitió continuar con la fase de validación de la tecnología; para ello se establecieron diez parcelas bajo el diseño de parcelas pareadas en cinco municipios de San Marcos y en un municipio de Quetzaltenango con los objetivos de validar la aplicación de AS 10^{-5} M y determinar su pre-aceptabilidad por parte de los agricultores. El manejo agronómico dado a las parcelas fue el que siempre ha realizado el agricultor. El rendimiento promedio en las parcelas donde se aplicó AS fue de 159,615.86 kg.ha⁻¹, mientras que en las parcelas donde no se aplicó AS fue de 106,398.62 kg.ha⁻¹, las aplicaciones de AS incrementaron en un 50% el rendimiento en comparación al testigo. En cuanto a la pre aceptabilidad de manejo y uso, el AS las superó por su fácil preparación, fácil aplicación, por no requerir grandes cantidades de dicho producto y por no representar un riesgo para el ambiente y el hombre, las plantas asperjadas con AS también superaron a las plantas testigo en cuanto a las pre aceptabilidad vegetativa y reproductiva.

¹ Investigador principal. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de San Marcos (plutarcomoralesg@gmail.com)

² Investigador asociado. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de San Marcos (mirandamanolin@hotmail.com)

³ Investigador auxiliar. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de San Marcos (chechacusam@gmail.com)

Summary

Applications of salicylic acid (SA) with a concentration of 10^{-5} molar [M] at 7, 14 and 21 days after transplantation showed to have an effect on tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) by increasing the yield of cultivation, this allowed to continue with the validation phase of said technology, for this, ten plots were established under paired-plot design in five municipalities of San Marcos and in one municipality of Quetzaltenango with the objectives of validating the application of SA 10^{-5} M and determine its pre-acceptability by farmers. Agronomic management given to the plots was the one that has always been carried out by the farmer. The average yield in the plots where SA was applied was $159,615.86 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, while in the plots where SA was not applied it was $106,398.62 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, the applications of SA increased by 50% the yield in comparison to control. As for the pre-acceptability of handling and use, the SA surpassed them for its easy preparation, easy application, for not requiring large amounts of said product and for not posing a risk to the environment and man, plants sprayed with SA also they outperformed the control plants in terms of vegetative and reproductive pre-acceptability.

1 Introducción

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las especies hortícolas más cultivadas en todo el mundo, su demanda aumenta continuamente y con ello su producción y comercio (Martínez et al. 2016).

En Guatemala; la zona con mayor producción se encuentra en el oriente. Sin embargo, se cultiva en todo el país en altitudes desde 0 hasta 3,200 msnm, en el altiplano occidental del país (MAGA, 2014), bajo condiciones de invernadero. La parte productiva tiene varias limitantes, entre ellas un mínimo uso tecnológico, la dependencia de paquetes de insumos y la exposición al ataque de plagas y enfermedades. Todos en conjunto contribuyen a una baja producción y calidad del fruto, aunado a que no se emplean técnicas alternativas para favorecer y/o estimular su rendimiento; p. ej. el uso de ácido salicílico.

Los materiales genéticos que establecen los pequeños productores en el valle y altiplano de San Marcos, son tomates determinados e indeterminados, comercializados por diferentes casas de semillas, pero todas de modo general se expone a diversos factores que limita su productividad. Estudios referentes al tema sustentan que asperjar en bajas concentraciones ácido salicílico (AS) a plantas de importancia hortícola, como tomate, pepino, frutales y papaya ha demostrado que también incrementa su productividad (Aristeo-Cortes, 1998; Larqué-Saavedra y Martín-Mex, 2007). Hecho que se ha relacionado con el efecto de incrementar el sistema radical de las plantas (Gutiérrez-Coronado et al., 1998; Echeverría-Machado et al., 2007).

En Guatemala el único estudio base para este trabajo fue realizado por Morales y Gonzáles (2018), el cual demostró que la aplicación de ésta molécula orgánica en diferentes dosis, incrementa el rendimiento del tomate, específicamente la dosis efectiva es la concentración de 10^{-5} molar [M]; debido a los resultados obtenidos es necesario pasar a la siguiente fase, por lo que el presente trabajo fue con fines de validación tecnológica para evaluar los beneficios potenciales y la pre-aceptabilidad del uso del ácido salicílico en el cultivo de tomate en un contexto real bajo el manejo directo de los productores. El presente trabajo tuvo como objetivo generar información en un contexto real sobre el efecto de la aplicación de ácido salicílico en el rendimiento de frutos de tomate bajo estructura protegida, los cuales están ubicados en cinco municipios del altiplano marquense, los resultados

sustentarán y validarán los hallazgos y conclusiones del estudio citado anteriormente y de modo paralelo o en un futuro inmediato esa tecnología será transferida a la población tomatera de la región.

2 Marco teórico

2.1 Hormona vegetal

Son sustancias vegetales (Escaso Santos et al., 2010), o compuestos naturales producidos en las plantas, estas definen en buena parte su desarrollo. Se sintetizan en una parte u órgano de la planta en concentraciones muy bajas (menos de 1 ppm), pueden actuar en ese sitio o trasladarse a otro órgano (Díaz, 2017).

Muchas investigaciones se han generado en torno a las hormonas vegetales, principalmente en relación a las auxinas, giberelinas, citocininas, etileno y ácido abscísico, que son las más estudiadas. Existen otras hormonas como las poliamidas, brasinoesteroides, jasmonatos, ácido salicílico y estrigolactonas pero han sido menos estudiadas y utilizadas en campo (Díaz, 2017).

2.2 Ácido salicílico

Es una hormona vegetal perteneciente a un grupo de compuestos llamados fenólicos, debido a que posee un grupo hidroxilo unido a un anillo aromático (Rangel Sanchez et al., 2010). Está presente en todos los órganos vegetales, desempeña un papel fundamental en la regulación del crecimiento, desarrollo e interacción de la planta con organismos patógenos, induce defensa de las plantas frente a diferentes tipos de estreses ambientales como sequía, salinidad, inundación, cambios de temperatura, entre otros, además tiene diferentes efectos fisiológicos sobre las plantas (INTAGRI, 2018).

El ácido salicílico participa en procesos como germinación de semillas, crecimiento celular, respiración, cierre de estomas, expresión de genes asociados a senescencia, respuesta a estrés abiótico y de forma esencial en la termogénesis, así como en la resistencia a enfermedades (Rangel Sanchez, 2010).

2.3 Beneficios del ácido salicílico en la producción de alimentos

Martin-Mex et al. (2013) indica que el ácido salicílico es un producto natural y respetuoso con el ambiente, se requieren nanocantidades para producir efectos positivos en la planta, es de fácil aplicación y es un producto químico barato disponible en casi cualquier lugar.

2.3.1 Efecto positivo del ácido salicílico en la fisiología del estrés

En 1978 se propuso que la aplicación de aspirina tenía un efecto en el estado hídrico de plántulas de frijol, más tarde se confirmó mediante bioensayos con tiras de epidermis de *Commelina communis*, siendo este un gran paso para contrarrestar los efectos por sequía (Martin-Mex et al., 2013).

2.3.2 Efecto positivo del ácido salicílico en el sistema radicular de las plantas

Martin-Mex et al. (2013) observaron que las aplicaciones de ácido salicílico favorecían el crecimiento de los sistemas radiculares de las plantas, lo estimaron mediante la aplicación de salicilatos a plantas de soja, posteriormente fue validado en otras plantas. El descubrimiento se confirmó mediante bioensayos con raíces de *Catharantus roseus*.

Concentraciones micromolares, nanomolares y femtomolares fueron suficientes para estimular el crecimiento de la raíz y la diferenciación de la raíz secundaria. Referente a tejido animal no se observó la alta sensibilidad registrada en las plantas (Martin-Mex et al., 2013).

Fue posible demostrar que el ácido salicílico afectó el crecimiento de uno de los órganos más importantes que determinan la productividad de las plantas. En los últimos años se ha venido trabajando para obtener materiales genéticos con raíces más grandes para fines agrícolas debido a que raíces más grandes y más vigorosas contribuirán a mejores cultivos (Martin-Mex et al., 2013).

2.3.3 Efecto del ácido salicílico en la producción de biomasa

Plantas rociadas con ácido salicílico mostraron un vigor mucho mayor en comparación con las plantas control (Martin-Mex et al., 2013).

En papaya (*Carica papaya*) bajas concentraciones de ácido salicílico aumentaron la altura y el diámetro del tallo, también este efecto fue reportado en *Clitoria*, *Gloxinia*, violeta y *Tagetes erecta*, observándose una mayor acumulación de biomasa. El aumento en biomasa también se ha reportado para crisantemo y tomate (Martin-Mex et al., 2013).

2.3.4 Efecto positivo del ácido salicílico en la floración

Desde el año 2000, plantas ornamentales desarrolladas en maceta como violeta (*Saintpaulia ionantha* Wendl.), *Chrysanthemum morifolium*, *Petunia* y *gloxinia* (*Sinningia speciosa* Benth) asperjadas con ácido salicílico mostraron producir significativamente más flores por planta (Martin-Mex et al., 2013).

Los diferentes ensayos realizados en laboratorio, invernadero y campo han motivado a probar el ácido salicílico para aumentar la productividad de las especies alimenticias que son de particular importancia para los seres humanos, como los productos hortícolas y cereales (Martin-Mex et al., 2013).

2.4 Efecto del ácido salicílico en la fisiología de la planta de tomate

Arroyo (2012), en su investigación señala que el comportamiento normal de las plantas de tomate (sin aplicación de AS) fue enviar la biomasa producida en mayor cantidad a las hojas y luego a los tallos mientras que las plantas tratadas con AS enviaron mayor cantidad de biomasa hacia los tallos y menos hacia las hojas en comparación con las plantas que no fueron asperjadas con AS.

Además, señala que plantas tratadas con AS mostraron tener una mayor acumulación de biomasa en los frutos que las plantas que no fueron asperjadas con AS. Teniendo como conclusión que las plantas tratadas con AS se vieron alteradas en su patrón de comportamiento, priorizando el envío de biomasa a los frutos mientras que las plantas que no fueron asperjadas con AS lo hicieron a la formación de biomasa vegetativa (Arroyo 2012).

2.5 Antecedentes del uso del ácido salicílico en tomate

Larqué-Saavedra et al. (s.f.) aplicando concentraciones bajas de ácido salicílico a plántulas de tomate obtuvo 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.

Larqué-Saavedra et al. (2009) evaluó el efecto del AS en el crecimiento y la bioproductividad de chile habanero y de tomate, teniendo un incremento de la producción de hasta 30% en chile habanero y 20% en tomate.

Rodríguez Larramendi et al. (2008) sumergieron semillas de tomate en una solución de ácido salicílico, teniendo como resultado que las plantas de tomate provenientes de semillas sumergidas en la solución de ácido salicílico desarrollaron mayor área foliar y biomasa de hojas, tallo y raíz, produjeron mayor cantidad de ramas secundarias, número de racimos y flores por planta.

Javaheri et al. (2011) estudió los efectos del ácido salicílico en tomate, obteniendo un aumento en la acumulación de biomasa, lo cual lo condujo a una mayor productividad, contenido de licopeno, vitamina C y los grados brix del fruto.

Morales y Gonzáles (2018) determinaron el efecto del ácido salicílico en tomate indeterminado en dos localidades de San Marcos, Guatemala; teniendo como resultado un incremento en la producción de frutos por racimo y consecuentemente el rendimiento por planta en un 72% y 91% en plantas tratadas con concentraciones de 10-5 molar de ácido salicílico respecto al testigo.

2.6 Validación de tecnologías en sistemas agrícolas

La validación de tecnologías agrícolas es la evaluación biofísica y socioeconómica de los beneficios potenciales, la adaptabilidad y la transferibilidad de innovaciones tecnológicas promisorias, la cual se realiza en un contexto real bajo manejo directo de los productores con mínima injerencia de los investigadores. La transferibilidad de los resultados de investigación es incierta cuando no es realizada en las condiciones de los potenciales usuarios (Radulovich y Karremans, 1993).

La validación de tecnologías es una metodología de investigación necesaria previa a la extensión. Aunque también durante la validación en cierto modo se hacen actividades o se emplea elementos de extensión debido a la estrecha relación entre ellas. Además, la validación no necesariamente es la fase final de una investigación y que se puede emplear desde un inicio (Radulovich y Karremans, 1993).

Radulovich y Karremans (1993) sustentan que la validación de tecnologías se utiliza en diversas partes del mundo y tiene como objetivo:

1. Producir información en un contexto real sobre los efectos que una tecnología puede tener en los sistemas objetivo. Esto definirá la conveniencia de transferir una tecnología, en función tanto de las ventajas productivas, socioeconómicas y ambientales que ofrece, como del tipo de productores que se pueden beneficiar de ella (Radulovich y Karremans, 1992).
2. Producir información sobre el esfuerzo de extensión que se necesitará para posteriormente transferir la tecnología a productores, una vez validada. En este sentido, la validación es también una investigación sobre transferencia (Radulovich y Karremans, 1992).

Respecto a las modalidades de validación de tecnologías, Radulovich y Karremans (1992) indican que puede realizarse de las siguientes maneras:

- a) **Prospectiva o retrospectiva:** la primera implica transferir experimentalmente tecnologías a productores y darles seguimiento durante el proceso hasta concluirlo. La validación retrospectiva es cuando se desea obtener información sobre tecnologías que ya están en funcionamiento dentro de los sistemas agrícolas de interés, los cuales los productores han aplicado durante algún tiempo y por lo tanto han adoptado. Varios de los criterios de evaluación pueden ser aplicados en ambas modalidades.

- b) **Validación simple o múltiple:** puede ser para una tecnología en particular (p.ej. validar una nueva variedad de algún cultivo), varias conexas (alguna variedad sumado a fertilización, rendimiento, calidad, etc.) o, aunque no tengan estrecha relación pero que obviamente van con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población beneficiaria.

- c) **Validación a nivel de finca o comunitaria:** puede ser con productores individuales o con grupos de personas (productores asociados). Sin embargo, el empleo de uno no restringe el uso de otra modalidad simultáneamente.

2.7 Descripción del tomate híbrido indeterminado Lancelot F1

La planta es de vigor intermedio, adaptable a diferentes zonas de producción, posee un buen comportamiento en calor y frío, el racimo floral va de 8 a 10 frutos, puede sembrarse en invernaderos y casa malla. Los frutos son de forma alargada, ideal para comercializar en Guatemala, de color rojo intenso, forma muy uniforme, alta vida de anaquel gracias a una muy buena firmeza, ideal para transporte, tiene tolerancia a pudrición apical del fruto (Vilmorin, s.f.).

3 Objetivos

3.1 General

Generar información en un contexto real sobre el efecto de la aplicación de ácido salicílico en el rendimiento de frutos de tomate bajo estructura protegida.

3.2 Específicos

1. Validar la aplicación de ácido salicílico 10^{-5} molar como producto que aumenta el rendimiento de frutos de tomate bajo estructura protegida.
2. Determinar la pre-aceptabilidad de la aplicación de ácido salicílico 10^{-5} molar en tomate bajo estructura protegida por parte de agricultores.

4 Hipótesis

Ha. 1 Las aplicaciones de ácido salicílico 10^{-5} molar incrementarán significativamente el rendimiento de tomate respecto al testigo utilizado por el agricultor, en las diferentes localidades del departamento de San Marcos.

Ho. 1 Las aplicaciones de ácido salicílico 10^{-5} molar no incrementarán significativamente el rendimiento de tomate respecto al testigo utilizado por el agricultor en las diferentes localidades del departamento de San Marcos.

5 Metodología

5.1 Localidad y época

La investigación se estableció en seis municipios, cinco del departamento de San Marcos y uno de Quetzaltenango, los municipios seleccionados corresponden a aquellos que tienen una alta producción de tomate, las localidades fueron las siguientes:

Cuadro 1 Ubicación de parcelas de validación de tecnología de aplicaciones de AS

<i>No de parcela</i>	<i>Departamento</i>	<i>Municipio</i>	<i>Comunidad</i>	<i>Total de parcelas</i>
1	San Marcos	San Pedro Sacatepéquez	Aldea Champollap	1
2	San Marcos	San Pedro Sacatepéquez	Aldea Piedra Grande	1
3	San Marcos	San Marcos	Aldea El Rincón	1
4	San Marcos	Esquipulas Palo Gordo	Cabecera Municipal	1
5	San Marcos	Esquipulas Palo Gordo	Aldea La Esmeralda	1
6	San Marcos	Tejutla	Aldea Horizonte	1
7	San Marcos	Tejutla	Caserío Los Frutales	1
8	San Marcos	Tacaná	Aldea Sajquim	1
9	San Marcos	Tacaná	Cantón Tojpac Nuevo Horizonte	1
10	Quetzaltenango	Palestina De Los Altos	Aldea El Edén	1

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en junio 2019 a enero 2020, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

La investigación se llevó a cabo durante el período de junio de 2019 a enero de 2020. Fue implementado en 10 localidades.

5.2 Fase 1. Validación

5.2.1 Diseño

Se utilizó el arreglo de parcelas pareadas, debido a que solo se compararon dos tratamientos, el arreglo consistió en establecer los dos tratamientos (ver tratamientos) en parcelas de tamaño similar, establecidas paralelamente dentro de la estructura protegida.

5.2.2 Tratamientos

El tratamiento que se validó fue el siguiente:

Identificación	Descripción
T1	Aplicación de ácido salicílico 10^{-5} molar (equivalente a la aplicación de 1 mililitro de solución 10^{-2} molar por cada litro de solución a aplicar en el cultivo) o equivalente a 16 mililitros por bomba de 16 litros.
T2 (Testigo)	Sin aplicación de ácido salicílico (manejo que el agricultor le da a la plantación)

5.2.3 Tamaño de las parcelas de validación

La investigación se realizó en estructuras protegidas de productores pertenecientes al consorcio de actores locales o productores que se encuentran en asociaciones que pertenezcan al territorio que cubre el programa CRIA.

Las estructuras protegidas tenían las medidas de 7 metros de ancho por 20 metros de largo para un total de 140 metros cuadrados, las unidades experimentales tuvieron una medida de 3.5 metros de ancho por 20 metros de largo.

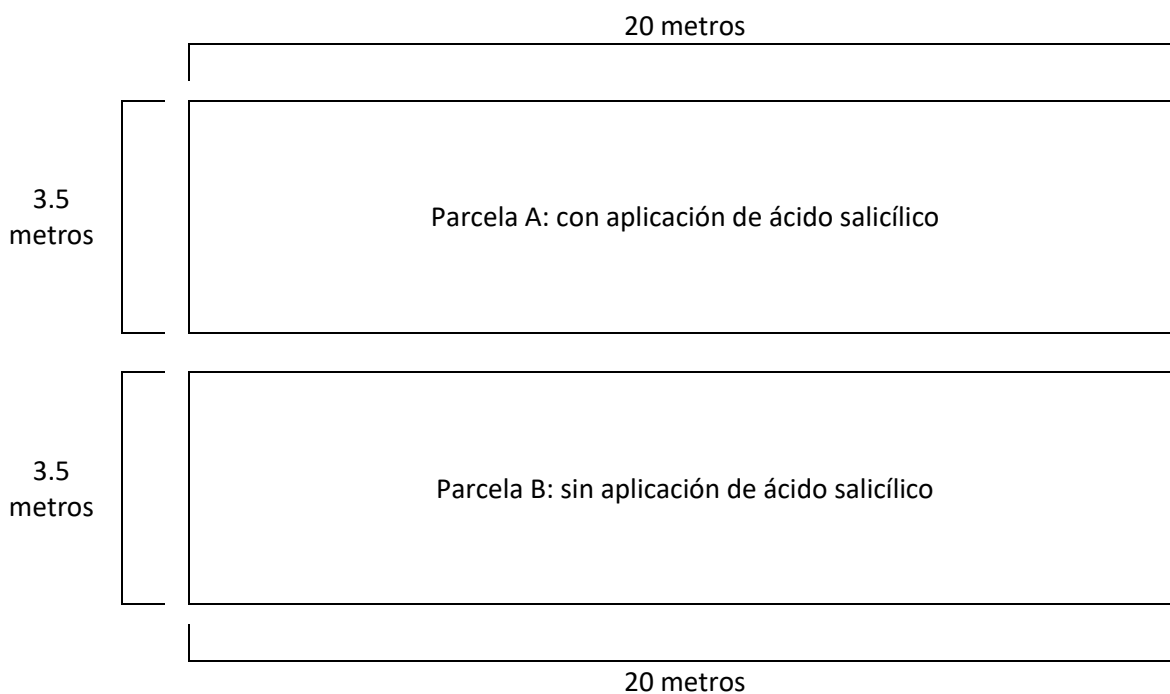


Figura 1 Croquis de campo de las parcelas pareadas

5.2.4 Prueba T para observaciones pareadas

El análisis estadístico realizado fue la prueba T de Student para dos medias de grupos dependientes.

5.2.5 Variables de respuesta

1. Rendimiento: se determinó a través del pesaje de la producción total y se expresó en kilogramos por hectárea ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

5.2.6 Análisis de la información

Los resultados obtenidos se analizaron mediante la prueba T de Student para dos medias de grupos dependientes. El análisis se realizó con el software InfoStat.

5.2.7 Manejo de las parcelas de validación

El manejo de las parcelas fue de acuerdo al trabajo que realiza el agricultor comúnmente en su plantación, se realizaron principalmente las siguientes: preparación de suelo, trasplante de plántulas, tutoro, poda, control de malezas, riego y control de plagas y enfermedades.

La única variación que se realizó fue en el tratamiento 1 (T1) donde la solución 10^{-5} M de AS se aplicó 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.

5.2.7.1 Preparación de la solución de ácido salicílico

La preparación de la solución madre se realizó en laboratorio y el procedimiento fue el siguiente:

1. Se pesaron 6.908 gramos de AS, estos se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 500 mililitros y se les agregaron 80 mililitros de alcohol etílico puro, posteriormente se agitó hasta que ya no se observara el AS.
2. Luego en un recipiente con capacidad de 10 litros se agregó la solución anterior y se aforó con agua destilada hasta completar los 10 litros.
3. La solución preparada en el inciso dos se procedió a dividir en 10 partes y se colocó en recipientes plásticos que fueron los que se entregaron a los agricultores para que los utilicen en su plantación de tomate.

5.2.7.2 Forma de preparación de la solución de ácido salicílico para aplicación a plántulas de tomate

La solución preparada en el laboratorio se entregó a cada agricultor y se les enseñó cómo deben preparar la mezcla para llenar la bomba de mochila, el procedimiento fue el siguiente:

1. Con una jeringa el agricultor procedió a medir 16 mililitros de la solución que se le entregó.
2. La agregó dentro de su bomba de mochila y la llenó con agua destilada hasta la medida de 16 litros, la agitó bien hasta mezclarla completamente y le agregó un adherente. La hora de aplicación fue entre las 7:00 y las 8:00 horas a los 7, 14 y 21 días después del trasplante.

5.3 Fase dos. Evaluación de la pre-aceptabilidad

Para conocer la opinión de los agricultores sobre la tecnología que se investigó se realizaron dos actividades:

5.3.1 Encuesta a agricultores participantes directamente

Para conocer la opinión de los agricultores que estaban participando directamente en la investigación se realizó una encuesta en la cual se les estuvo pasando un cuestionario con diversas preguntas referentes a la percepción por parte de ellos sobre las plantas asperjadas con AS y las que no fueron asperjadas con AS (ver anexo 2).

5.3.2 Días de campo

Se realizaron tres días de campo con productores de tomate y otros actores del consorcio de la cadena de tomate para dar a conocer la tecnología del uso de AS en la agricultura y más específicamente en el cultivo de tomate.

Los días de campo tuvieron como objetivo:

1. Informar a los participantes sobre el uso del AS en el cultivo de tomate.
2. Comparar las plantas de tomate donde se aplicó AS con aquellas donde no se aplicó AS, mediante visitas a los invernaderos donde se desarrolló la investigación y que los agricultores observen los resultados.
3. Despertar el interés de los agricultores sobre el uso de AS como una alternativa tecnológica.
4. Aclarar dudas sobre el uso de AS en la producción de tomate que surgieron a los agricultores.
5. Conocer la opinión de los participantes de los días de campo sobre el uso de AS en la producción de tomate.
6. Fortalecer las relaciones entre investigadores, extensionistas y agricultores.

5.3.2.1 Programación general

A continuación, se presenta el programa general que se llevó a cabo durante los días de campo:

1. Recepción de participantes: se realizó el registro de cada uno de los participantes para llevar un control de las personas.
2. Capacitación sobre el uso de ácido salicílico en la agricultura y en la producción de tomate: se habló sobre los beneficios del uso de ácido salicílico en la agricultura, también se dieron a conocer los resultados que se obtuvieron en la investigación sobre el efecto del AS en la producción de tomate.
3. Salida al campo: se trasladaron los participantes a los invernaderos para que conocieran los resultados obtenidos en esta investigación y se aclararon dudas que surgieron.
4. Evaluación: para conocer la opinión de los participantes de los días de campo se realizaron grupos focales y se les hizo una serie de preguntas respecto al día de campo y el uso del AS (ver anexo 3).

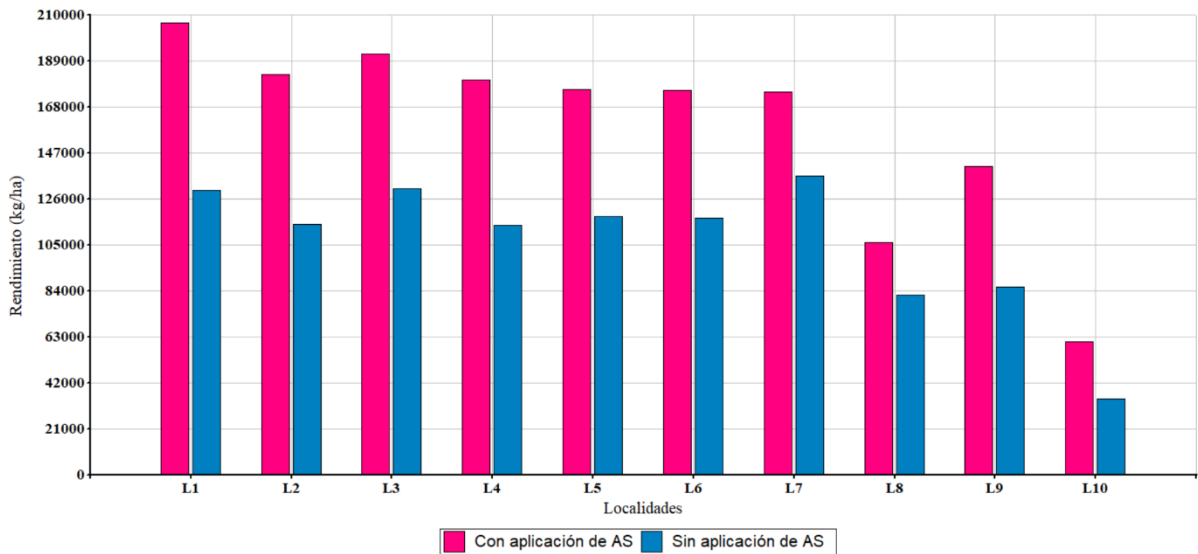
6 Análisis y discusión de resultados

6.1 Rendimiento de frutos

Finalizada la toma de datos de rendimiento después de 3.5 meses de cosecha se procedió a realizar el análisis de las 10 parcelas de validación sobre la tecnología de aplicación de AS, teniendo como resultado en todas las localidades el incremento del rendimiento en la parcela donde se aplicó AS en comparación a la parcela testigo donde no se aplicó AS (figura 2).

Dentro de las parcelas donde se aplicó AS, el mayor rendimiento se obtuvo en la localidad de Esquipulas Palo Gordo, Esquipulas Palo Gordo (L1) con 206,366.00 kg.ha⁻¹, el menor rendimiento se tuvo en el Edén, Palestina De Los Altos, Quetzaltenango (L10) con 60,667.50 kg.ha⁻¹ y la media general fue de 159,615.86 kg.ha⁻¹.

Dentro de las parcelas donde no se aplicó AS, el mayor rendimiento fue de 136,553.00 kg.ha⁻¹ obtenida en la localidad de Horizonte, Tejutla (L7), el menor rendimiento se obtuvo en El Edén, Palestina De Los Altos (L10) con 34,586.25 kg.ha⁻¹, la media de rendimiento general fue de 106,398.62 kg.ha⁻¹. Al comparar las medias entre ambos tratamientos se observa un incremento del 50% en las plantas donde se aplicó AS.



L1 (Esquipulas Palo Gordo, Esquipulas Palo Gordo), L2 (La Esmeralda, Esquipulas Palo Gordo), L3 (El Rincón, San Marcos), L4 (Champollap, San Pedro Sacatepéquez), L5 (Piedra Grande, San Pedro Sacatepéquez), L6 (Los Frutales, Tejutla), L7 (Horizonte, Tejutla), L8 (Nuevo Horizonte, Tacaná), L9 (Sajquim, Tacaná), L10 (El Edén, Palestina De Los Altos)

Figura 2 Rendimiento promedio de parcelas de validación de la tecnología de aplicación de ácido salicílico en San Marcos y Quetzaltenango.

Como se observa en la figura anterior, los rendimientos fueron variados principalmente por el nivel tecnológico con el que cuentan los productores y la disponibilidad de recursos como agua de riego e insumos para la nutrición y protección del cultivo.

Cabe señalar que el rango de experiencia en el cultivo de tomate de los productores participantes fue de 3 a 10 años, lo cual también influyó en la obtención de los diferentes rendimientos observados, sin embargo, el AS mostró tener beneficios bajo los diferentes niveles tecnológicos y de experiencia de los productores.

Después de realizar la prueba T para muestras apareadas (InfoStat 2018) a rendimiento de frutos de tomate (cuadro 1), el valor bilateral <0.0001 determinó una diferencia estadística significativa entre el rendimiento con aplicación y sin aplicación de AS, el rendimiento con aplicación de AS fue superior en $53,217.24 \text{ kg.ha}^{-1}$ con respecto al testigo sin aplicación de AS. Por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Cuadro 2 Prueba T apareada para rendimiento (kg.ha^{-1}) con aplicación y sin aplicación de AS en 10 localidades de San Marcos y Quetzaltenango.

Obs (1)	Obs (2)	N	media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
Rendimiento con aplicación de AS	Rendimiento sin aplicación de AS	10	53217.24	159615.86	106398.62	17949.2	9.38	<0.0001

Los resultados obtenidos por Morales y Gonzáles (2018) concuerdan con los resultados obtenidos en esta validación, al incrementar el rendimiento considerablemente en todas las localidades en las plantas donde se aplicó AS, también se hace notar que en este caso la colecta de datos de los frutos cosechados fue de 3.5 meses mientras que, en la investigación cotejada la cosecha se hizo por 7 meses por lo cual los rendimientos reflejados en la validación fueron menores.

6.2 Pre-aceptabilidad de la tecnología de aplicación de AS

Finalizada la fase de campo de la validación se colectó información sobre la aceptación de la tecnología por parte de los productores, así como su percepción de la altura de planta, la cantidad de follaje, el número de frutos por racimo, el tamaño de los frutos, la producción de la planta, la calidad del fruto y el aspecto general de las plantas que fueron asperjadas y que no fueron asperjadas con AS, para ello se utilizó una boleta de encuesta (ver anexo 2).

6.2.1 Aceptación por parte de los productores

En cuanto a la aceptación de la tecnología, la figura 3 (ver página 15) muestra que al 100% de los productores que participaron en la validación le gustó la tecnología, principalmente por su fácil preparación en campo, su fácil aplicación y los beneficios observados en cuanto a producción de tomate, varios de los productores dijeron que por los beneficios que habían tenido en el cultivo de tomate querían “probar” el AS en otros cultivos como papa (*Solanum tuberosum*) y maíz (*Zea mays*).

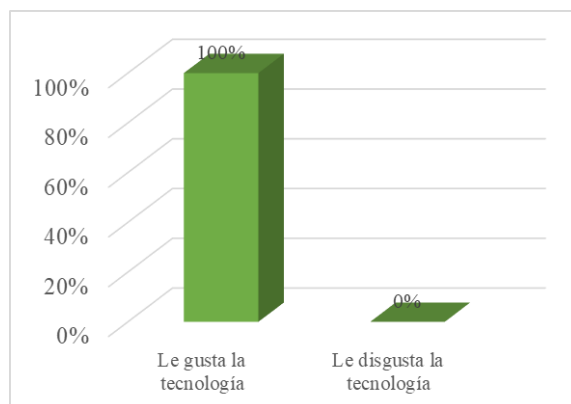


Figura 3 Aceptación de la tecnología de aplicación de AS en cultivo de tomate bajo estructura protegida por parte de los productores

En todas las parcelas donde se validó la tecnología, los productores dijeron haber observado una mayor producción de flores por racimos y por lo tanto una mayor producción de frutos, en casos específicos donde los productores tuvieron problemas por falta de agua para riego o problemas en el sistema de riego (Los Frutales, Tejutla; El Rincón, San Marcos y La Esmeralda, Esquipulas Palo Gordo), ellos aseguraron que las plantas donde se aplicó AS mostraron tener una mayor resistencia ante el estrés hídrico sufrido en comparación con las plantas que no fueron asperjadas con AS, incluso el productor de La Esmeralda, Esquipulas Palo Gordo aseguraba que las plantas de tomate no eran del mismo cultivar.

6.2.2 Percepción de la altura de planta

La figura 4 muestra la percepción de la altura de plantas de tomate con aplicación y sin aplicación de AS, se observa que a la mayoría de productores (80%) les gustó la altura de plantas que fueron asperjadas con AS y una minoría (20%) ni les gustó ni les disgustó, mientras que las plantas que no fueron asperjadas, los productores tuvieron una percepción variable, teniendo desde no me gusta y me gusta con un 20% cada una y un 60% de productores que ni les gustó ni les disgustó.

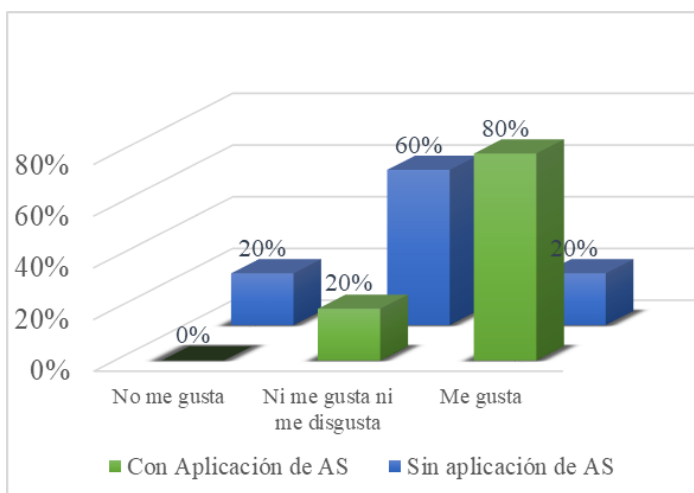


Figura 4 Percepción de la altura de plantas de tomate con aplicación de AS y sin aplicación de AS por parte del productor

Los productores que dijeron haberles gustado la altura de las plantas asperjadas con AS indicaron que los entrenudos eran más cortos en comparación con las plantas que no fueron asperjadas con AS, haciendo que los racimos de frutos fueran más fácilmente manejables al igual que las mismas plantas, al poderlas “bajar” más fácilmente, mostrando así otro posible beneficio para los productores.

Los productores que reportaron el disgusto por la altura de las plantas donde no se asperjó AS fue precisamente por ser demasiado grandes, teniendo así un problema para manejarlas dentro de las estructuras protegidas.

6.2.3 Percepción de la cantidad de follaje

La figura 5 muestra la percepción del productor en cuanto a la cantidad de follaje de las plantas que fueron asperjadas con AS y las que no fueron asperjadas con AS, 90% de los productores indicaron que les gustó la cantidad de follaje producido por las plantas mientras que el 10% ni les gustó ni les disgustó. En cuanto a la percepción de las plantas que no fueron asperjadas con AS, a la mayoría de los productores (70%) ni les gustó ni les disgustó, al 20% no les gustó y a un 10% les gustó.

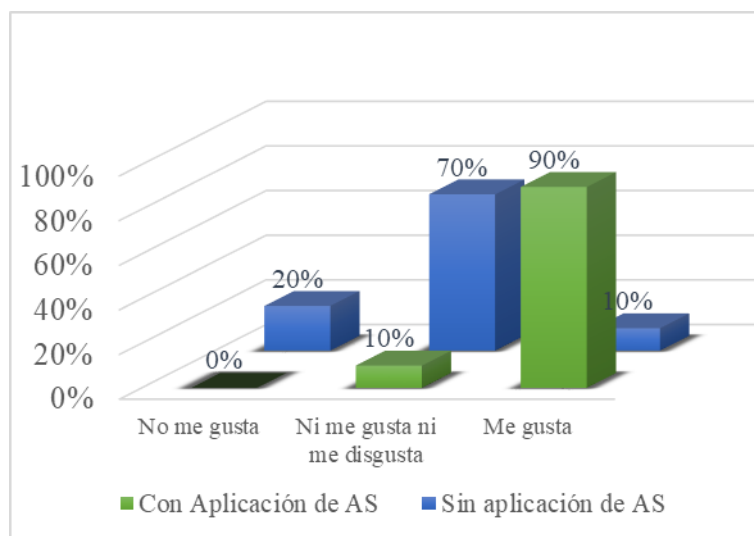


Figura 5 Percepción de la cantidad de follaje de plantas de tomate con aplicación de AS y sin aplicación de AS por parte de los productores

El argumento de los productores que indicaron haberle gustado la cantidad de follaje de las plantas que fueron asperjadas con AS, es porque observaron una mayor cantidad de follaje, lo cual es un efecto del AS al hacer que las plantas produzcan una cantidad mayor de biomasa (Larqué-Saavedra *et al.* 2009).

6.2.4 Percepción del número de frutos por racimo

La figura 6 (ver página 17) muestra que al 80% de los productores le gustó y al 20% ni le gustó ni le disgustó la cantidad de frutos por racimo de las plantas que fueron asperjadas con AS, mientras que la percepción de las plantas donde no se asperjó AS, al 20% no les gustó, al 70% ni les gustó ni les disgustó y al 10% les gustó.

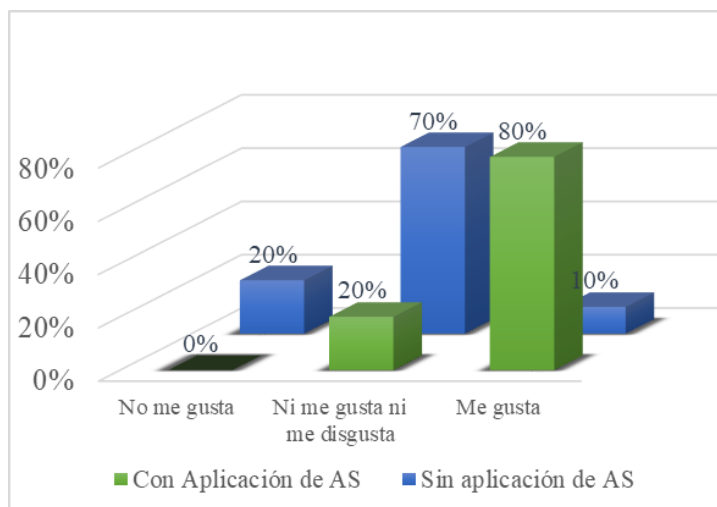


Figura 6 Percepción del número de frutos por racimo de plantas de tomate con aplicación de AS y sin aplicación de AS por parte de los productores

Los productores que señalaron haberles gustado la cantidad de frutos por racimo de las plantas asperjadas con AS dijeron que, observaron una mayor cantidad de frutos en comparación a los racimos de las plantas testigo. Los que indicaron ni gusto ni disgustó dijeron haber observado una producción de frutos por racimo promedio.

Productores que indicaron su disgusto en cuanto a la producción de frutos por racimos de las plantas sin aplicación de AS dijeron haber observado racimos con pocos frutos en comparación a la media.

6.2.5 Percepción del tamaño de frutos

El 100% de los productores indicaron estar a gusto con el tamaño de los frutos de las plantas asperjadas con AS, en tanto el tamaño de los frutos de las plantas testigo, el 20% dijo no gustarle, el 70% ni le gusta ni le disgusta y un 10% indicó haberle gustado (figura 7).

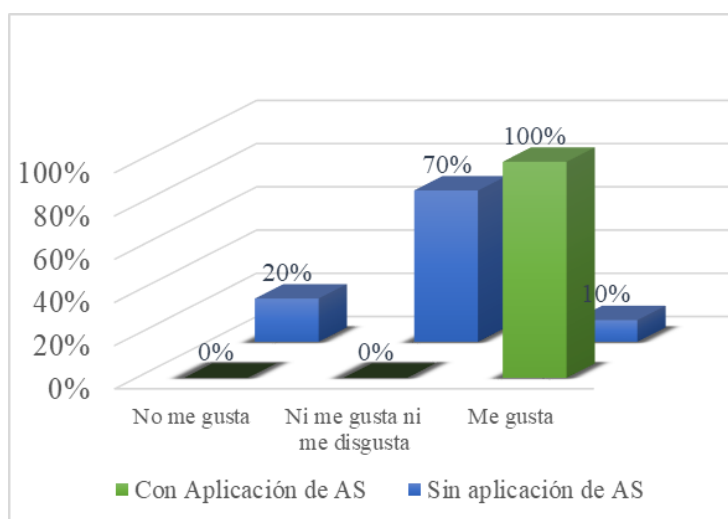


Figura 7 Percepción del tamaño de frutos de plantas de tomate con aplicación de AS y sin aplicación de AS por parte de los productores

Los productores indicaron que los frutos de las plantas asperjadas con AS eran bastante uniformes en cuanto al tamaño y el tamaño era acorde a lo que demandaban sus mercados.

Productores que indicaron descontento del tamaño de los frutos de las plantas testigo dijeron que los frutos eran muy pequeños.

6.2.6 Percepción de la producción de frutos por planta

La producción global de frutos por planta fue muy bien aceptada de parte de los productores de aquellas plantas que fueron asperjadas con AS, el 100% mostró su complacencia en este aspecto. En cuanto a las plantas testigo 20% de productores indicó su disgusto con ella, el 60% ni le gustó ni le disgustó y un 20% indicó haberle gustado la producción de frutos por planta (figura 8).

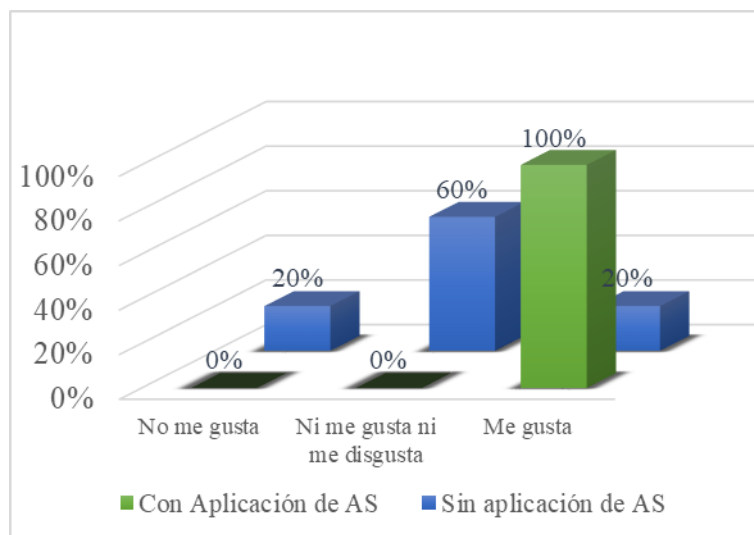


Figura 8 Percepción de la producción de frutos por planta de tomate con aplicación de AS y sin aplicación de AS por parte de los productores

Las plantas asperjadas con AS al tener una mayor producción de frutos por racimo hacían que se fueran acumulando frutos, lo cual contribuyó a una mayor producción de frutos por planta de tomate, haciendo que esto fuera de agrado para los productores.

Los productores que indicaron su descontento por la cantidad de frutos de las plantas sin aspersión de AS dijeron haber tenido pérdidas por caídas de fruto en inicio de formación o por flores que no fueron polinizadas, siendo estos efectos menores en las plantas donde se asperjó AS debido a la producción alta de flores por racimo.

6.2.7 Percepción de la calidad de frutos

Al observar la figura 9 (ver página 19) el 100% de los productores mostraron su gusto por la calidad de los frutos que produjeron las plantas asperjadas con AS, mientras que la percepción de la calidad de frutos de las plantas que no fueron asperjadas con AS fue variada, teniendo un 20% de los productores a los cuales no les gustó, un 60% ni le gustó ni le disgustó y a un 20% le gustó.

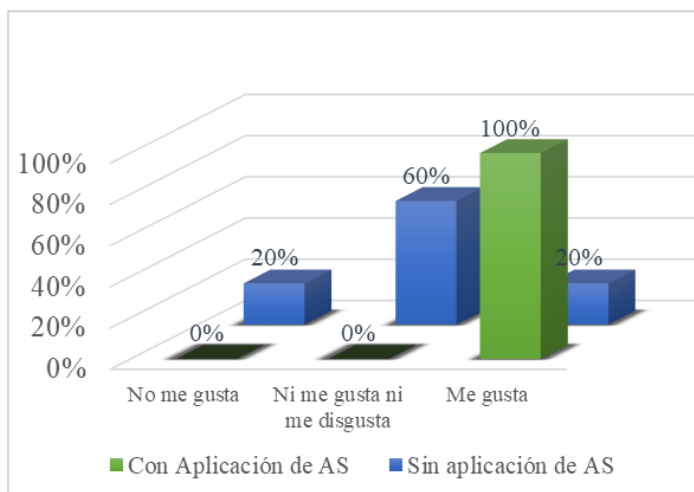


Figura 9 Percepción de la calidad de frutos de plantas de tomate con aplicación de AS y sin aplicación de AS por parte de los productores

Los productores comentaron que los frutos de las plantas asperjadas con AS mostraron tener un buen tamaño, buena uniformidad de tamaño y maduración y mostraron tener una menor afección por pudrición apical en comparación a los frutos de plantas donde no se asperjó AS.

Los productores que mostraron su descontento en cuanto a la calidad de frutos de plantas que no fueron asperjadas con AS indicaron haber tenido muchos frutos con problemas de pudrición apical principalmente.

6.2.8 Percepción del aspecto general de la planta

La figura 10 muestra la percepción del aspecto general de la planta, los productores de manera total indicaron que les gustaron las plantas que fueron asperjadas con AS, en cuanto a las plantas que no fueron asperjadas con AS, un 10% dijo estar a disgusto con la calidad de las plantas, un 70% ni le gustó ni le disgustó y a un 20% le gustaron las plantas.

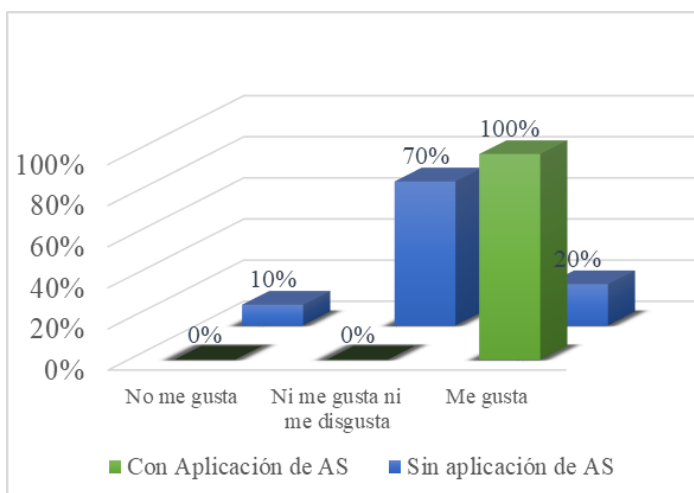


Figura 10 Percepción del aspecto general de plantas de tomate con aplicación de AS y sin aplicación de AS por parte de los productores

De acuerdo a los comentarios de los productores, ellos indicaban haber visto las plantas asperjadas con AS con una mayor robustez, buena formación de tallos, buena cantidad de hojas, una mayor producción de flores por racimo, una buena producción de frutos y de buena calidad y con una menor afección por enfermedades y por estrés abiótico más específicamente por estrés hídrico.

Los comentarios anteriores evidencian los efectos del AS en las plantas de tomate reportados por Morales y Gonzáles (2018), mostrando su gran potencial como una tecnología novedosa para incrementar los rendimientos de tomate bajo diferentes niveles tecnológicos que poseen los productores del altiplano de San Marcos y Quetzaltenango.

Los productores también mostraron su complacencia con la tecnología del AS, indicaron que era de fácil preparación y aplicación, de costo bastante bajo y que no causa ningún efecto adverso a las personas y al ambiente como los agroquímicos.

6.2.9 Percepción de la tecnología de aplicaciones de AS en el cultivo de tomate por parte de los asistentes a los días de campo

Durante cada uno de los tres días de campo realizados, se conformaron grupos focales con productores y técnicos de campo provenientes de diversas instituciones como asociaciones de productores de tomate, técnicos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), técnicos municipales y público general interesados en la agricultura, que previamente habían recibido una clase magistral sobre el uso del ácido salicílico en la agricultura y en el cultivo de tomate y que asistieron a las parcelas de validación para observar el efecto del AS en las plantas de tomate, se les realizaron varias preguntas en cuanto a su percepción sobre el uso del AS en el cultivo de tomate (ver anexo 3).

1. En cuanto a si les pareció interesante el uso de ácido salicílico, los asistentes dijeron:

“Sí nos pareció interesante porque es fácil de aplicar y de bajo precio. Es una tecnología innovadora y fácil de adaptar a las condiciones productivas de los agricultores de la zona. Vimos diferencias respecto a la presentación (mayor vigorosidad, tolerancia a plagas y enfermedades, entrenudos de los racimos florales más cortos) y producción entre las plantas que fueron asperjadas con AS comparadas con las que no se les aplicó”.

2. La siguiente pregunta fue ¿Considera de fácil uso y fácil aplicación el ácido salicílico?, las personas dijeron:

“Sí porque es práctico, la cantidad es poca y no es tóxico. Uno de los inconvenientes para todos los agricultores es la preparación de la disolución madre, pero si ya se los llevan preparado; el uso se nos facilita”.

Recomendaron que es muy importante que un técnico les apoye para tener acceso a la tecnología.

3. La tercera pregunta fue: ¿Estaría dispuesto a poner en práctica la tecnología que se presentó en el día de campo?, y ellos dijeron:

“Sí estaríamos dispuestos; porque se logró visualizar la diferencia en rendimiento en las parcelas de validación establecidas a nivel de campo. Y también estamos dispuestos a recomendárselo a nuestros vecinos productores a nivel comunitario; una vez que los resultados sean satisfactorios en sus parcelas individuales”.

La tecnología resultó ser totalmente novedosa para los asistentes, llegando al punto que muchos de los asistentes no lograron aprenderse o nombrar correctamente el AS, esto debido a que no es común o de uso cotidiano este producto; cuando se les preguntó sobre si lo conocían, algunos lograron relacionarlo con la aspirina. Muchos de los productores también quedaron incrédulos de los resultados y dijeron que para creer tendrían que probarlo en sus parcelas, por ello recomendaron ampliar la cobertura de futuros programas como el CRIA para áreas de Guatemala que también son productoras de tomate.

7 Conclusiones

Las aplicaciones de AS 10^{-5} M a los 7, 14 y 21 días después del trasplante incrementaron en promedio un 50% el rendimiento de frutos de tomate bajo estructura protegida y bajo el manejo del propio agricultor.

La aplicación de AS 10^{-5} M en plántulas de tomate mostró tener un efecto en la fisiología de las plantas al incrementar el rendimiento de frutos, validando los resultados obtenidos por Morales y Gonzáles en el 2018.

La tecnología de aplicación de AS superó las pruebas de pre aceptabilidad de manejo y uso a nivel de campo por ser de fácil preparación, aplicación y por sus características de no requerirse una gran cantidad del producto para ver sus efectos, no representar un riesgo para el que lo aplique y por no causar efectos perjudiciales al ambiente. Al igual las plantas asperjadas con AS superaron al testigo en las pruebas de pre aceptabilidad vegetativa y productiva.

8 Recomendaciones

Capacitar al personal encargado de extensión agrícola en la preparación y aplicación del AS en el cultivo de tomate.

Se recomienda la difusión de la tecnología de aplicación de AS en el cultivo de tomate implementando parcelas de promoción para productores de la región, principalmente a través del sistema nacional de extensión rural -SNER- y toda aquella institución involucrada en la extensión agrícola.

Evaluar el AS en otras zonas productoras de tomate del país y bajo diversas condiciones.

Evaluar el efecto del AS en otros cultivos de importancia debido al interés mostrado por agricultores de otras cadenas como maíz, frijol y papa.

9 Referencias bibliográficas

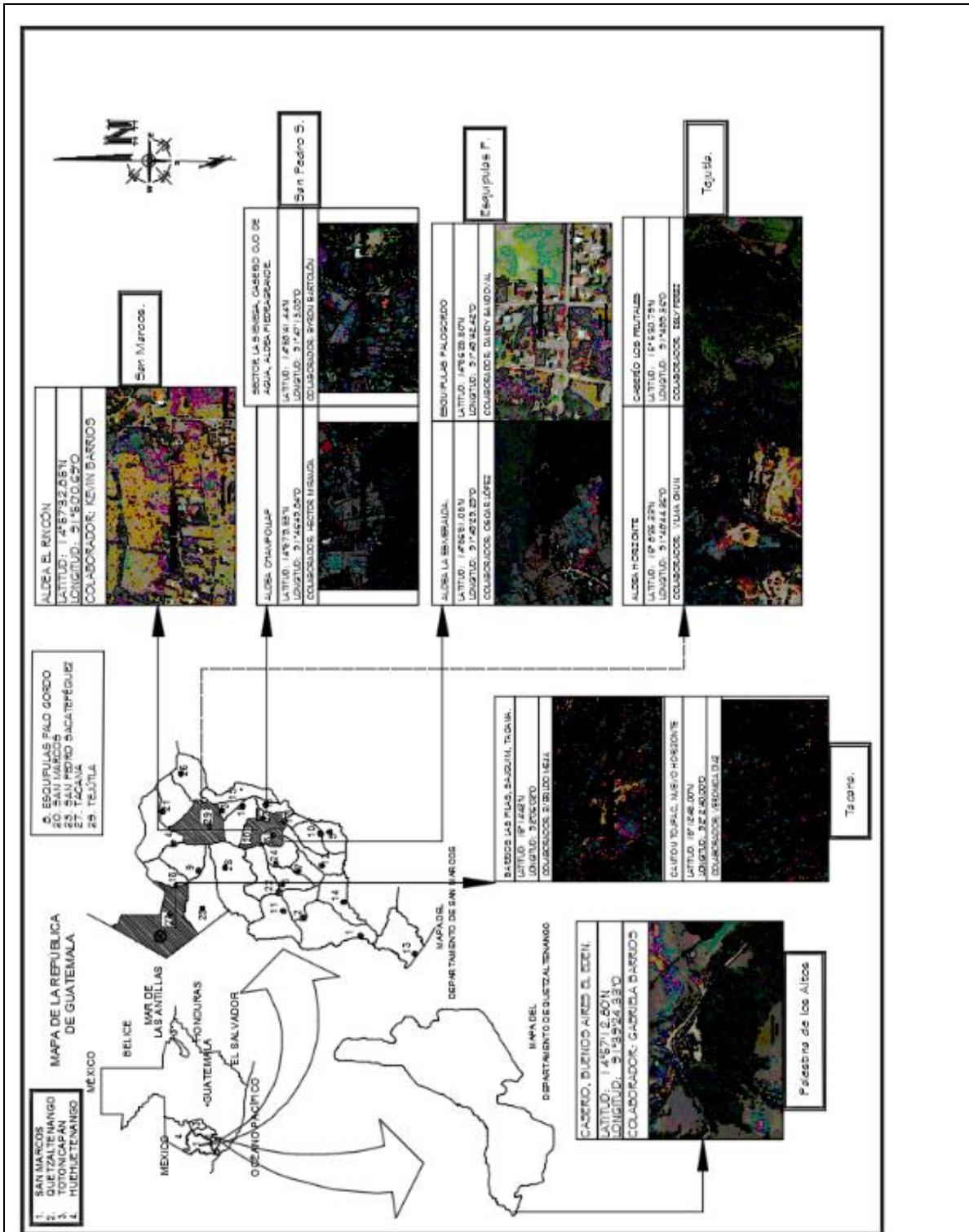
- Arroyo Ramírez, VY. 2012. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento y desarrollo de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) bajo condiciones de invernadero (disco duro). Tesis Ing. En agrobiología. Saltillo, Coahuila, México, disco duro.
- Díaz, MD. 2017. Las Hormonas Vegetales en las Plantas (en línea). Serie Nutrición Vegetal Núm. 88. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Consultado 15 dic. 2018. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-hormonas-vegetales-en-las-plantas>
- Escaso Santos, F; Martínez Guitarte, JL; Planelló Carro, MR. 2010. Fundamentos básicos de fisiología vegetal y animal. Madrid, España, Pearson. 264 p.
- INTAGRI. 2018. Efectos del Ácido Salicílico en los Cultivos (en línea). Serie Nutrición Vegetal Núm. 110. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Consultado 15 dic. 2018. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/efectos-del-acido-salicilico-en-los-cultivos>
- Javaheri, M; Mashayekhi, K; Dadkhah, A; Zaker Tavallae, F. 2012. Effects of salicylic acid on yield and quality characters of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (En línea). Consultado 18 jul. 2016. Disponible en <http://ijagcs.com/wpcontent/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>
- MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación). 2014. Perfil comercial del proyecto de tomate. Proyecto Ada-intergración. Guatemala.
- Martin-Mex, R; Nexticapan-Garcez, A; Larqué Saavedra, A. 2013. Salicylic Acid-Plant Growth and Development (en línea). Dordrecht, The Netherlands, Springer. pp 299-313. Consultado 5 ene. 2019. Disponible en <https://books.google.com.gt/books?id=ac9AAAAAQBAJ&pg=PA313&dq=Effect+of+salicylic+acid+on+the+bioproductivity+of+plants&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiZqOO8xtffAhVvTd8KHZ0FBXcQ6AEIKjAA#v=onepage&q&f=false>
- Martínez, RH; Benítez, AL; Velázquez, JE; Aspeya, DS; MéndezC, AR.; RojasG, JA; Melgoza F, AG. 2016. Potencial genético y heterosis para rendimiento en líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L). Rev. Mex. Cienc. Agríc. 7:349-362.
- Morales González, PE; Gonzáles Hernández, ER. 2018. 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. San Marcos, Guatemala. 79 p. Programa de Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria (IICA-CRIA)

- Radulovich, R; Karremans, J. 1993. Validación de tecnologías en sistemas agrícolas (en línea). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 103 p. (Serie técnica. Informe técnico/ CATIE no. 212). Consultado 16 dic. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Ricardo_Radulovich/publication/44503825_Validacion_de_tecnologias_en_sistemas_agricolas_Ricardo_Radulovich_Jan_A_J_Karremans/links/55b28f8608aed621ddfe10cc/Validacion-de-tecnologias-en-sistemas-agricolas-Ricardo-Radulovich-Jan-A-J-Karremans.pdf
- Rangel Sanchez, 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 3 ene. 2019. Disponible en <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Elacidosalic%C3%ADlicoyresistenciaenplantas.pdf>
- Reyes Hernández, M. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque (en línea). Boletín Informativo 1-2001. Consultado 9 ene. 2019. Disponible en <http://lacalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/28>
- RIJK ZWAAN. (s. f.) Tabaré RZ F1 (73-113) (en línea). Consultado 21 ene. 2019. Disponible en <https://www.rijkszwaan.es/busca-tu-variedad/tomate/tabar%C3%A9-rz>
- Rodríguez Larramendi, L; Matos Y; Santos, P; Infante, S. 2008. Crecimiento, floración y fructificación en plantas de tomate (*Lycompersicom 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
- Vilmorin. s. f. Boletín Lancelot F1, tomate híbrido indeterminado. Guatemala.

Anexos

1 Mapas de las localidades donde se realizó la validación



Fuente: Elaboración propia, a través de investigación realizada en junio 2019 a enero 2020, por la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible USAC CUSAM, en colaboración con el programa CRIA IICA, financiado por USDA.

2 Boleta de evaluación participativa para agricultores











































VALIDACIÓN DEL ÁCIDO SALICÍLICO PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO DE TOMATE BAJO ESTRUCTURA PROTEGIDA EN SAN MARCOS

Nombre _____ Tel. _____

Localidad: _____

INSTRUCCIONES. Observe las siguientes representaciones sobre las plantas que fueron rociadas con ácido salicílico y las que no fueron rociadas que se presenta ante usted e indique el carácter de agradable o desagradable en la escala, marcando una X.



Criterios	Tratamiento					
	Tomate rociado con ácido salicílico			Tomate sin rociar		
1. Altura de planta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta
2. Cantidad de follaje (hojas)	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta
3. Número de frutos por racimo	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta
4. Tamaño de frutos	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta
5. Producción por planta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta
5. Calidad de frutos	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta
6. Aspecto general de la planta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta

3 Formato para la evaluación del día de campo y pre aceptabilidad de la tecnología

EVALUACIÓN DEL DÍA DE CAMPO, PROYECTO “VALIDACIÓN DEL ÁCIDO SALICÍLICO PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO DE TOMATE BAJO ESTRUCTURA PROTEGIDA EN SAN MARCOS”

Fecha: _____ Comunidad: _____

CALIFICACIÓN DEL DÍA DE CAMPO:

Muy bueno (3), Bueno (2), Regular (1), Malo (0)

	Actividad	Calificación
1.	Organización	
2.	Utilidad	
3.	Presentación del tema	
4.	Claridad de los expositores	
5.	El tiempo asignado	
6.	La utilidad para usted	
7.	Uso del ácido salicílico	
8.	Calidad de la producción de tomate	

9. ¿Le pareció interesante el uso del ácido salicílico? _____ ¿Explique por qué?

10. Considera de fácil uso y fácil aplicación el ácido salicílico _____ Explique por qué

11. ¿Estaría dispuesto a poner en práctica la tecnología que se presentó en el día de campo?

12. ¿Recomendaría a sus conocidos el uso de ácido salicílico? _____ ¿Explique por qué?

13. ¿Qué sugerencias tiene respecto a futuros días de campo? _____

14. ¿Cree usted que el Día de Campo fue el método más adecuado para ejecutar esta actividad? _____

¿Por qué? _____

15. ¿En vez del Día de Campo, que otro método de comunicación o divulgación propondría?

4 Matriz para colecta de datos de cosecha

Variable: Rendimiento por parcela (kg.parcela ⁻¹)						
Localidad:						
Fecha de cosecha						
						Total cosechado
Tratamiento 1: 10 ⁻⁵ M						
Tratamiento 2: Testigo						

5 Galería fotográfica

Fotografías 1, 2, 3 y 4: Preparación de la solución base (solución madre) en el laboratorio



Fotografías 5, 6, 7, 8 y 9: Enseñando a productores la preparación del AS para ser aplicado a las plántulas de tomate



Fotografías 10, 11, 12, 13 y 14: Enseñando a los productores la forma correcta de aplicar el AS sobre las plántulas de tomate (la caja es para evitar que la brisa de la bomba moje las plantas testigo)



Fotografías 15 y 16: Efecto del AS en la producción de flores



Fotografía 17 y 18: Alta producción de frutos por racimo



Fotografías 19 y 20: Maduración más uniforme de los frutos de tomate por efecto del AS.



Fotografías 21, 22, 23, 24 y 25: Cosecha y toma de datos de rendimiento





Fotografías 26, 27, 28, 29 y 30: Días de campo, enseñando sobre el AS y su forma de preparación



