

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Prueba de Efectividad de un Fertilizante Foliar y un Mejorador de Suelo en
Plantas de Tomate

Por:

ERIK GUADALUPE CHAGOLLA GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Febrero de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Prueba de Efectividad de un Fertilizante Foliar y un Mejorador de Suelo en Plantas
de Tomate

Por:

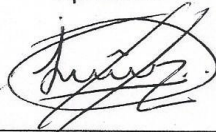
ERIK GUADALUPE CHAGOLLA GARCÍA

TESIS

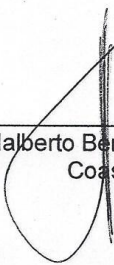
Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada



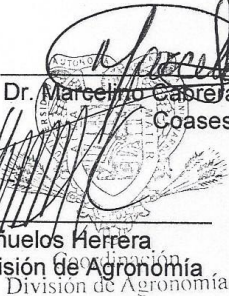

Dr. Antonio Juárez Maldonado
Asesor Principal



Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Coasesor



Dr. Marcelino Cabeza De la Fuente
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Febrero de 2015

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Quiero agradecer a dios por darme la oportunidad de seguir adelante con lo que estoy logrando, dar un paso más como persona, el siempre estar conmigo en las buenas y en las malas, por darme las fuerzas para cumplir mis metas y lo más preciado de esto que me haya dado la vida y darme unos grandiosos padres y hermanos.

A MI ALMA MATER

*A esta grandiosa institución La **Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"**, por abrirme las puertas, ya que fue como mi segunda casa por unos años, me formo para seguir adelante como un profesionalista más y claro sentir el orgullo de ser un buitre de la **NARRO**.*

A MI ASERSOR

Dr. Antonio Juárez Maldonado, por haberme permitido estar trabajando en este proyecto y estar apoyándome la largo de este trabajo.

A PETER MAJERWAREN

Por proveer de los recursos necesarios para realizar esta investigación, muchas gracias.

A MIS TIOS

Chuy, Javi, Tere, Lena, Poncho, Lalo, Ángel, Juana, Chava, por haber confiado en que sí se puede motivado en seguir estudiando.

A mí Novia

Oralia "Flaca", por haber estado conmigo en las buenas y en las malas

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

ROBERTO CHAGOLLA RAMÍREZ

GLORIA GARCÍA HERNÁNDEZ

Por darme el apoyo y confiar en mí con lo que he logrado, porque ellos han creído en toda la familia, por seguir los consejos que me brindan y por los que siguen más adelante, porque ellos han estado hasta lo que estoy compartiendo una nueva etapa de mi vida, porque ellos me han enseñado a valorar mucho las cosas, quiero dedicarle esto a mis padres porque ellos me han dado la vida.

A MIS HERMANOS

ROBERTO JR CHAGOLLA GARCÍA "El Chimue"

MARI KAREN CHAGOLLA GARCÍA "Doris"

Por el haber confiado en mí el poder en llegar y estar conmigo en esta etapa de mi vida, por ser grandes hermanos, porque junto con ellos es una convivencia muy agradecida y como hermano mayor quiero ser un ejemplo para ellos.

A MIS ABUELOS

JESÚS GARCÍA GUERRA (+)

CIRILA HERNÁNDEZ BANDA (+)

Ma. ELENA RAMÍREZ LINARES

Por ser unas grandes personas conmigo y porque sé que ellos me están cuidando desde lo más lejos, muchas gracias abuelitos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| AGRADECIMIENTOS | 1 |
| DEDICATORIAS | 2 |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | 3 |
| INDICE DE CUADROS | 5 |
| INDICE DE FIGURAS | 6 |
| RESUMEN | 8 |
| I. INTRODUCCION | 9 |
| 1.1 OBJETIVOS GENERAL..... | 10 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS..... | 10 |
| 1.3 HIPOTESIS..... | 11 |
| II. REVISION DE LITERATURA | 12 |
| 2.1 Aspectos generales del cultivo..... | 12 |
| 2.1.1 Origen..... | 12 |
| 2.1.2 Importancia..... | 12 |
| 2.1.3 Clasificación Taxonómica | 13 |
| 2.1.4 Descripción botánica | 13 |
| 2.2 Suelo..... | 15 |
| 2.3 Fertilización..... | 16 |
| 2.4 Siembra..... | 20 |
| 2.5 Producción de plántula | 21 |
| 2.6 Humedad | 22 |
| 2.6.1 Humedad Relativa | 22 |
| 2.6.2 Requerimiento de temperatura | 23 |
| 2.7 Solución Nutritiva | 24 |
| 2.8 Fertilización Orgánica en tomate | 27 |
| 2.8.1 Los Miguladores | 28 |
| III. MATERIALES Y METODOS | 33 |
| 3.1 Localización del Experimento | 33 |
| 3.2 Obtención de plántula | 33 |
| 3.3 Trasplante..... | 34 |

| | |
|---|-----------|
| 3.4 Aplicación de tratamientos..... | 34 |
| 3.5 Nutrición del cultivo..... | 35 |
| 3.6 Labores culturales..... | 35 |
| 3.7 Tratamientos y diseño experimental | 35 |
| 3.8 Variables evaluadas..... | 36 |
| 3.9 Evaluación de características bioquímicas | 37 |
| 3.9.1 Ácido ascórbico | 38 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 40 |
| 4.1 Variables bioquímicas..... | 43 |
| V. CONCLUSIONES..... | 58 |
| VI. LITERATURA CITADA | 60 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|---|-----------|
| Cuadro 1. Zona y época de siembra y días a madurez del tomate..... | 21 |
| Cuadro 2. Condiciones de temperatura y humedad requerida del tomate.. ... | 23 |
| Cuadro 3. IPUSagro Quattro P 400 Composición química. | 31 |
| Cuadro 4. Evaluación de características bioquímicas..... | 38 |
| Cuadro 5. Medición de condiciones cromatográficas..... | 39 |
| Cuadro 6. Cuadro de comparación de medias de las variables medidas en las plantas de tomate.. .. | 42 |
| Cuadro 7. Cuadro de comparación de medias de las variables medidas en las plantas de tomate.. .. | 43 |
| Cuadro 8. Comparación de medias de las variables bioquímicas medidas en las plantas de tomate.. .. | 45 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1. Arreglo experimental de los tratamientos..... | 36 |
| Figura 2. Comparación del diámetro de la planta de los diferentes tratamientos. | 45 |
| Figura 3. Comparación de la altura de la planta de los tratamientos. | 46 |
| Figura 4. Comparación del número de hojas de la planta de los diferentes tratamientos. | 47 |
| Figura 5. Comparación del número de flores de la planta de los diferentes tratamientos. | 48 |
| Figura 6. Comparación del número de frutos de la planta de los diferentes tratamientos. | 48 |
| Figura 7. Comparación del número de racimos de la planta de los diferentes tratamientos. | 49 |
| Figura 8. Comparación del peso fresco de raíz de los diferentes tratamientos.. | 50 |
| Figura 9. Comparación del peso fresco del total de frutos de los diferentes tratamientos | 51 |
| Figura 10. Comparación del peso fresco de frutos en planta de los diferentes tratamientos | 51 |
| Figura 11. Comparación de peso fresco de fruto cosechado de los diferentes tratamientos | 51 |
| Figura 12. Comparación de la producción de frutos de los diferentes tratamientos | 52 |
| Figura 13. Comparación del peso seco de parte aérea de los diferentes tratamientos | 53 |
| Figura 14. Comparación del peso seco de raíz de los diferentes tratamientos | 54 |
| Figura 15. Comparación de catalasa en hoja de los diferentes tratamientos | 54 |
| Figura 16. Comparación del ácido ascórbico en hoja de los diferentes tratamientos..... | 55 |

Figura 17. Comparación del ácido ascórbico en pericarpio de fruto de los diferentes tratamientos56

Figura 18. Comparación del ácido ascórbico en endocarpio de fruto de los diferentes tratamientos56

Figura 19. Comparación de la firmeza al momento del corte, 15 días después del corte y firmeza perdida de los diferentes tratamientos.....57

RESUMEN

En el presente estudio se evaluaron productos P400 y B100 de MayerWaren International en plantas de tomate de crecimiento indeterminado en cinco tratamientos: 1) solución Steiner al 100% (Testigo), 2) solución Steiner al 100% + P400, 3) solución Steiner al 100% + P400 + B100, 4) solución Steiner al 50% + P400, y 5) manejo de suelo orgánico + P400. Al momento de la siembra en charolas se regó con solución nutritiva Steiner y a los 30 días se realizó el trasplante. Evaluando las siguientes variables agronómicas de altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de frutos, número de flores y número de racimos totales existentes en cada planta. Se cuantificó también el peso fresco de frutos existentes en la planta, peso fresco de parte aérea, peso fresco de raíz, y el peso total de frutos cosechados. Además se analizó la catalasa y ácido ascórbico en hoja, y ácido ascórbico en fruto, se evaluó la firmeza del fruto al momento del corte y 15 días después. El mejor comportamiento fue la concentración de ST100+P400 en todos los tratamientos tomando en cuenta las variables agronómicas y al igual que el tratamiento OSM+P400 presentaron valores significativos en las variables agroquímicas. El P400 mejora la producción del tomate bajo condiciones de invernadero y de igual manera teniendo efecto positivo en pruebas bromatológicas.

Correo Electrónico; Erik Guadalupe Chagolla Garcia Doris_cool@hotmail.com

Palabras clave: P400, B100, tomate, crecimiento, variables agronómicas, variables bioquímicas.

I. INTRODUCCION

La producción de cultivos en invernaderos es de suma importancia ya que nos da una ventaja sobre la producción a cielo abierto estableciendo una barrera entre el ambiente externo y el cultivo, creando un microclima interno que permite proteger el cultivo de condiciones adversas (viento, granizo, plagas, etc.) y controlar factores como la temperatura, radiación, concentración de CO₂, humedad relativa, etc. En México, el uso de invernaderos para la producción de hortalizas aumentó rápidamente, de 721 ha en 1999 a 3200 ha en 2005 (Ocaña-Romo, 2008), la cual en 2009 se extendió a una superficie de 10000 ha (Perea, 2009). Los datos más recientes muestran que en 2012 se llegó a 12000 ha de invernaderos, esto sin incluir otras 8 000 ha que corresponden a malla sombra y macrotúnel (SAGARPA, 2012). Además, el cultivo del tomate es sumamente relevante, ya que de los principales cultivos que se producen en condiciones protegidas éste ocupa el 70% de la superficie, seguido por el pimiento (16%) y el pepino (10%) (SAGARPA, 2012). Aunado a esto, México es el principal exportador a nivel internacional, enviando el producto a Estados Unidos, Canadá y El Salvador, tan sólo en 2011 se produjeron 1,872,000 toneladas (MÉXICOPRODUCE, 2012). Considerando el factor de importancia que tiene el cultivo del tomate, es deseable realizar un manejo eficiente en la agricultura intensiva, por lo que se requieren conocer los factores que condicionan el potencial de producción de los cultivos. En este sentido, la correcta aplicación de riego es uno de los principales factores que afecta el

rendimiento del cultivo (Flores *et al.*, 2007), entendiendo que el rendimiento está determinado por la capacidad de acumular materia seca en los órganos destinados a la cosecha (Casierra-Posada *et al.*, 2007). Además, aunque existen técnicas exitosas como el fertirriego, aún hay problemas con la dosificación de fertilizantes que deben aplicarse, por lo que se ha propuesto usar la acumulación de materia seca para cuantificar la demanda nutrimental (Bugarín- Montoya *et al.*, 2002). Por esta razón, prácticas como la fertilización y el riego deben ser definidas en función de las características propias de crecimiento del cultivo de interés (Fynn *et al.*, 1989; Enriquez-Reyes *et al.*, 2003). Actualmente existen diferentes fuentes de fertilizantes tanto para fertirriego como para aplicación foliar que ayudan en el manejo de la nutrición de cultivos, así como diversas técnicas para manejo orgánico de suelos.

1.1 OBJETIVOS GENERAL

- Determinar el efecto de la aplicación de los productos P400 y B100 en el crecimiento y producción de plantas de tomate.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar el crecimiento de las plantas de tomate bajo condiciones de invernadero.

- Verificar si la aplicación de los productos P400 y B100 favorece el crecimiento de las plantas de tomate.
- Verificar la productividad de las plantas de tomate bajo manejo orgánico en combinación con el producto P400.
- Verificar el efecto de los productos P400 y B100 en las características bioquímicas de hojas y frutos de las plantas de tomate.

1.3 HIPOTESIS

Los productos P400 y B100 favorecen las variables agronómicas relacionadas con el vigor y rendimiento del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Aspectos generales del cultivo

2.1.1 Origen

Es una planta originaria de México, Perú y Ecuador, donde se encuentran muchas variedades silvestres (Nuez, 2001). Cuando llegaron los españoles el tomate era parte de huertos hortícolas de Mesoamérica. Actualmente, el tomate es hortaliza es la más popular y muy aceptada en la cultura gastronómica en la mayor parte de los países (Nuez, 2001). Anualmente se rebasan los 3 millones de hectáreas de cosecha de tomate, con un promedio de producción que fluctúa en los 86 millones de toneladas por año a nivel mundial (FAOSTAT, 2011).

México se considera el centro de domesticación más importante del tomate. El vocablo tomate proviene del náhuatl “tomatl”; fue llevado a Europa en 1554, comercializándose en el año 1835 en Estados Unidos (Valadez, 1994).

2.1.2 Importancia

El tomate es un cultivo que ocupa un lugar muy importante con relación al desarrollo económico y social a nivel nacional. La producción de tomate se ha mantenido estable en los últimos años con un promedio anual que sobrepasa los 110 millones de toneladas, esto en el periodo comprendido entre 2000 a 2005 (FAO, 2005).

En un ciclo para producción de tomate se reporta, que se requieren de 140 jornales por hectárea (Valadez, 1994).

El tomate mexicano se relaciona dentro del mercado estadounidense con la cercanía geográfica, en cuanto a la competitividad del precio y calidad, buen sabor, larga vida de anaquel y con el descenso de producción de este cultivo en Estados Unidos en invierno. La aportación del tomate mexicano en el 2002 fue de 12.8% en exportación agropecuaria en México (3655.2 millones de dólares) y en exportaciones de legumbres y hortalizas frescas fue de 25.4% (INEGI, 2002).

2.1.3 Clasificación Taxonómica

El tomate ha sido clasificado de la siguiente manera (Nuez, 1995):

Reino: Metaphyta, Clase: Magnoliophyta, Orden: Solanales, Familia: Solanácea, Genero: *Lycopersicum*, Especie: *esculentum* mil, Nombre científico: *Lycopersicon esculentum* Mill, Nombre común: tomate.

Según Valadez (1997), el tomate se subdivide en dos subgéneros.

Frutos rojos y amarillos; *Eulycopercicon* 1) *L. esculentum* 2) *L. pimpinellifolium*.

Frutos verdes; *Eriopersicon* 1) *L. peruvianum* 2) *L. chilense* 3) *L. glandulosum* 3) *L. hirsutum*.

2.1.4 Descripción botánica

Es una planta perenne, su porte es arbustivo que se cultiva como anual. Su desarrollo puede ser de forma rastrera, semierecta. Existen variedades de

crecimiento limitado (determinados) y otras de crecimiento ilimitado (Indeterminados) (Rodríguez, 2001).

Santiago (1998), menciona que el tomate requiere aproximadamente 8 horas de luz solar diarias. Esto es por el mecanismo que realiza la luz al estimular la apertura de los estomas y permitir la fotosíntesis, este mismo produce un gradiente de presión osmótica continuo entre hojas y raíces, dando el transporte de los compuestos aplicados al follaje.

2.1.5 Clasificación agronómica

El desarrollo del tallo es variable en función de los distintos cultivares, existiendo dos tipos fundamentales de crecimiento, determinado e indeterminado.

Crecimiento Determinado. Tiene la particularidad de producir lateralmente varios pisos de inflorescencias, normalmente entre cada 1 ó 2 hojas detiene su crecimiento, como consecuencia de la formación de una inflorescencia terminal (Morato, 1992).

Crecimiento Indeterminado. Este tipo de crecimiento disponen siempre es su ápice un meristemo de crecimiento que produce un alargamiento continuo del tallo principal, originando inflorescencias solamente en posición lateral,

normalmente cada tres hojas. Crece hasta 2 metros de altura, o más, según el empalado que se aplique. El crecimiento vegetativo es continuo (Morato, 1992).

2.1.6 Sistema Radicular

El sistema radicular del tomate, consta de una raíz principal típica de origen seminal, raíces secundarias y terciarias, la raíz pivotante puede alcanzar los 60 cm de profundidad. Cuando se realiza un trasplante, el crecimiento es parcialmente detenido, esto favorece a las raíces secundarias laterales las cuales están entre los 5 y 70 cm de la capa del suelo. Cuando hay buenas condiciones de humedad y textura del suelo, tienden a formarse raíces adventicias (Gaspar, 2008).

2.2 Suelo

Según Valadez (1994), para una buena textura de suelo, este cultivo, prefiere los suelos livianos (arenosos) y en suelos pesados (arcillosos), siendo los mejores los arenosos y limo-arenosos con un buen drenaje.

El pH que requiere el tomate es de 5.5 a 6.8, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados. Esta especie es cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego (infoagro, 2014).

2.3 Fertilización

Las extracciones pueden variar según la variedad cultivada, el rendimiento obtenido, e incluso dentro de una misma variedad, en función de las técnicas de cultivo empleadas. En general, los fertilizantes se aplican según las extracciones estimadas del cultivo, es importante recordar que los fertilizantes contribuyen en un 50% al aumento de producción en tomate (Rivera, 2012)

Dentro de una buena planeación y un adecuado manejo de un programa de nutrición para el cultivo del tomate. Según García (1980), describe en forma resumida algunas características de los elementos nutritivos para este cultivo.

Nitrógeno (N). Es uno de los elementos claves en la nutrición mineral, es el nutriente que más limita las cosechas y por ello es el que más se fertiliza, este nutriente alarga las fases del ciclo del cultivo, necesario en síntesis de clorofila formando parte de ella, componente de vitaminas y sistemas de energía de la planta, forma parte de coenzimas y enzimas, forma parte de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos, al igual favorece la multiplicación celular y estimula el crecimiento rápidamente (Imexcor, 2011).

Fósforo (P). Es un componente del complejo de la estructura del ácido nucleico de las plantas que regula la síntesis de proteínas, la concentración total de P en los cultivos varía de 0.1 a 0.5%. Aunque es un nutriente de baja disponibilidad en el suelo a pesar de ser relativamente abundante, el fosforo forma parte de

las moléculas de energía como son el ATP y el NADPH, participa en la fotosíntesis, la respiración celular en todo el metabolismo energético, favorece al desarrollo de las raíces al comienzo de la vegetación, participa en la regulación metabólica en la regulación de la síntesis y transporte de hidratos de carbono (Polania, 2001).

Potasio (K). Es requerido en grandes cantidades para el crecimiento y la reproducción de las plantas, considerado como el segundo nutriente de mayor importancia después del nitrógeno, se describe como el "nutriente de calidad" cuando se trata de nutrientes que necesita la planta, el potasio desempeña un rol importante en la regulación del agua en las plantas (osmo-regulación). Tanto la absorción de agua a través de raíces de las plantas y su pérdida a través de los estomas, se ven afectados por el potasio, mejora la tolerancia de la planta al estrés hídrico, dentro de la fotosíntesis el potasio regula la apertura y cierre de las estomas, y por lo tanto regula la absorción de CO₂, además es esencial en casi todos los pasos de la síntesis de proteínas (Smart, 2014). El potasio es muy importante en la síntesis de proteínas, incrementa la fijación biológica de N por las leguminosas. Cuando hay deficiencias de potasio en la planta su fotosíntesis disminuye y la producción de ATP (Castañeda, 2013)

Calcio (Ca). Se considera como un nutriente para las plantas, las cuales requieren grandes cantidades en su mayoría de nitrógeno y del potasio (TETRA, 2004). Es esencial para las plantas, promueve el alargamiento celular, participa en los procesos metabólicos de absorción de otros nutrientes, ayuda a proteger a las plantas contra el estrés de temperaturas altas, estabiliza la

estructura del suelo, el calcio es una parte esencial de la pared celular de las plantas, protege a las plantas contra enfermedades (hongos y bacterias), participa en los procesos enzimáticos y hormonales, al igual en la regulación estomática. El alterar el exceso de aplicación de calcio en las plantas puede reducir significativamente la actividad de enzimas y proteger las células de la planta de invasión de patógenos, al igual de la calidad de la fruta (Smart, 2014).

Magnesio (Mg). Es clave para una gran función que tienen en particular los vegetales, se caracteriza de importancia en la participación del proceso de fotosíntesis, siendo un componente básico de la clorofila, su efecto es el que le da a las plantas su color verde (Smart, 2014). De igual manera es esencial en todos los procesos de fosforilación de la planta, promueve la transferencia, conversión y acumulación de la energía y trabaja como un activador sobre diversas enzimas como puede serlo en la Glutamina Sintetasa que es la importante en la unión del Amonio con carbohidratos (Campo Expert, 2013).

Azufre (S). Es esencial para el crecimiento y desarrollo de los organismos vivos, participa en la síntesis de proteínas el azufre total disponible en el suelo aproximadamente el 97% se encuentra bajo formas orgánicas y el 3% restante como formas inorgánicas (Producción, 2010).

Boro (B). Se liga mucho con la asimilación y transferencia de azúcares, en la planta mejora su calidad y la firmeza del fruto, debido a que activa la formación de pectinas e incrementa la producción de semillas (García, 1980).

Silicio (Si) La nutrición con silicio refuerza a la planta con alta capacidad de almacenamiento y distribución de carbohidratos requeridos para el crecimiento y producción de cosecha, la autoprotección contra enfermedades causadas por hongos y bacterias, el ataque de insectos y ácaros, al igual de las condiciones desfavorables del clima (Quero, 2008).

Manganeso (Mn). Interviene en la en la síntesis de proteínas, ya que tiene participación en la asimilación del amonio (NH_4^+), participa de igual manera que el Mg en los sistemas enzimáticos relacionados con reacciones redox, regula el metabolismo de los ácidos grasos, fomenta la formulación de raíces laterales, activa el crecimiento, con una reacción de influencia alargando las células y tiene la característica de convertir los nitratos que forman las raíces en formas que la planta los aproveche (Ramírez, 2013).

Hierro (Fe) Es uno de los nutrientes vegetales que más problemas presentan en cuanto a la nutrición del cultivo. Tiene como función principal activar las enzimas a fin de formar la protoclorofila, cataliza la biosíntesis de la clorofila, puesto que forma parte constituyente de enzimas responsables. En ausencia de Fe los pigmentos amarillos (xantofila y caroteno) predominan en la planta. Son los responsables del amarilleamiento o clorosis foliar (Juárez, 2000)

Zinc (Zn). Nutrimientos indispensables que entra en uno de los ocho micronutrientes esenciales, su utilización es en pequeñas cantidades, pero crucial para su desarrollo, participa como componente clave de muchas enzimas y proteínas, al mismo tiempo entra en una gama de procesos

importantes, uno de ellos en la producción de la hormona de crecimiento y en el alargamiento de entrenudos (Smart, 2014).

Cobre (Cu). Es un micronutriente necesario para las plantas, se aplica en muy pequeñas dosis, el cobre participa en el proceso de fotosíntesis, regula el transporte fotosintético, participa en la formación de lignina, proteína, de la vitamina A y en el metabolismo de carbohidratos, estimula la producción de granos, reduce la turgencia en las hojas, es muy importante para la formación de nódulos radiculares en las leguminosas y además es un componente de diversas enzimas que interviene en la nutrición de las plantas (citocromo oxidasa, ácido ascórbico oxidasa y amino oxidasas) (Promix, 2010).

2.4 Siembra

La siembra directa recomendada, principalmente para hacer una mejor selección de plántulas, empleando una cantidad de semillas de 3 a 3.5 Kg/ha, una siembra directa se efectúa con una distancia entre surco y surco de 90 cm y de 30 cm entre planta y planta. Para producir en grandes extensiones y la optimización del espacio en germinaciones, la elección del sustrato “almacigo” es muy importante conocido como germinador o semillero. El más utilizado es el peat moss, se humedece el sustrato y se empieza a llenar el semillero, se introducen de 1 a 2 semillas en cada perforación para asegurar que cuando menos una desarrolle, cubriéndose con el mismo sustrato, se recomienda el riego una vez por la tarde, y en caso de temperaturas muy altas, se recomienda regar 2 veces por día (Centeno, 1986).

Para la técnica hidropónica en el tomate se recomienda el sustrato, ya que los resultados son buenos con altas producciones entre 15 y 20 kilogramos por metro cuadrado (HydroEnvironment, 2014)

Cuadro 1. Zona y época de siembra y días a madurez del tomate Según (Centeno, 1986).

| ZONA | EPOCA DE SIEMBRA | DIAS A LA SIEMBRA |
|----------|------------------|-------------------|
| FRIA | MZO – MAY | 130 – 150 |
| CALIDA | SEP – FEB | 130 – 150 |
| TEMPLADA | NOV – JUN | 100 – 120 |

Con respecto a lo recomendado en la siembra directa, se obtienen densidades de población de 18,000 y 33,000 plantas, utilizando 300 g/ha de semilla.

2.5 Producción de plántula

La producción de plántula se realiza en condiciones de invernadero, con una buena fertilización y buen manejo, el trasplante se efectúa a los 30 – 35 días después de la siembra en verano o 40 – 45 días en invierno. Para este tiempo las plantas miden a una altura de 20 cm, con buen vigor, que junto con el cepellón se extraen, sin causar ningún daño a las raíces, esto es reflejado a nivel prendimiento en campo (Centeno, 1986).

En el trasplante con cepellón, el choque sufrido por las plántulas será inferior al de las plantas que se llevan a bancada a raíz desnuda, ya que estas no sufren ninguna variación en sus medios (Centeno, 1986).

2.6 Humedad

Escalona *et al.* (2009), mencionan que este cultivo necesita en su ciclo normal, 5000 m³ cúbicos de agua/ha., demostrando que tiene buena adaptación a la sequedad, reduciendo esto la cantidad y calidad de producción. La falta de agua en la fase inicial del desarrollo de la planta puede reducir la calidad de producción. Menciona (Jaramillo, 2006) que la humedad óptima para el desarrollo de este cultivo debe de estar entre un 60 y un 80 %, si la humedad es alta favorece al desarrollo de las enfermedades, presentando una serie de desórdenes que afectan la calidad de los frutos.

2.6.1 Humedad Relativa

Santiago (1998), menciona que al aumento de humedad relativa ambiental hay posibilidades de permanencia de gotas de solución en la superficie foliar, aumentando las posibilidades de su absorción.

Las condiciones de una alta humedad relativa retrasan el secamiento de la película asperjada, favoreciendo a la apertura de los estomas y la permeabilidad de la cutícula, la cual favorece la absorción foliar de los nutrimentos (Escalona *et al.*, 2009).

2.6.2 Requerimiento de temperatura

El tomate prefiere un clima caliente, exige menos temperatura que la berenjena. La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30 °C durante el día y durante la noche de 1 y 17°C. Se ha reportado que a temperaturas muy altas se puede provocar la caída de flores y/o frutos (Mariani *et al*, 2010).

Cuadro 2. Condiciones de temperatura y humedad requerida del tomate según (Jaramillo *et al*, 2007).

| TEMPERATURA Y HUMEDAD | °C , % |
|-------------------------|----------|
| Optima de germinación | 25 - 30° |
| Optima de día | 23 - 26° |
| Optima de noche | 13 - 16° |
| Mínima total | -2 - 0° |
| Mínima biológica | 8 - 10° |
| Humedad relativa optima | 55 - 60% |

Verkerk (1975), menciona que el tomate es una planta termoperiódica, creciendo mejor con temperatura variable que constante y varia con la edad de la planta. Diferencias térmicas noche/día de 6 a 7 °C son óptimos.

Se ha encontrado el punto crítico de 8 °C sin tener ninguna pérdida de desarrollo de las hojas que se formarían para reanudar el crecimiento en condiciones normales de 22°C por el día y 18°C por la noche en el invernadero, y con una temperatura de 6°C causan un daño irreversible del tejido meristemático apical de las plantas (Valadez, 1994).

Sánchez (2001), menciona que la energía solar radiante, es seguramente el factor ambiental que ejerce mayor influencia sobre el crecimiento de las plantas cultivadas en el interior de un invernadero. La luz actúa sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas, como fuente de energía para la asimilación fotosintética del CO₂ así como fuente primaria de calor y estímulo para la regulación del desarrollo. La concentración óptima de iluminación es de 10, 000 a 15, 000 lux.

2.7 Solución Nutritiva

La horticultura ha venido ampliando el consumo de nutrientes por aumento en los potenciales de rendimiento, primeramente al pasar de un riego por gravedad a un sistema de riego por goteo y seguido al sistema de producción intensiva en invernadero. Existe una razón por la cual las dosis de fertilización por unidad de superficie en estos cultivos se ha disparado con relación a los cultivos convencionales, se ha tomado en cuenta que por cada tonelada de fruta que se produce se extrae una determinada cantidad de nutrientes, a mayor rendimiento mayor extracción nutricional. Esto ha dado motivo a que en las explotaciones hortícolas extensivas hoy en día se apliquen soluciones nutritivas en lugar de dosis de fertilizantes. Una solución nutritiva originalmente se ha

dado para sistemas hidropónicos de cultivos sin suelo, pero también se aplica para cultivos en suelo (Intagri, 2014).

Los elementos químicos o elementos nutritivos son de gran importancia para un buen desarrollo de las plantas, son requeridos en grandes cantidades llamados macroelementos, y si los necesita la planta en pequeñas cantidades se les denomina microelementos u oligoelementos (Horticom, 2014).

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente (Steiner, 1968). Una SN verdadera es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben de coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente (Steiner, 1961).

Steiner (1968, 1984), elaboró una solución nutritiva universal, que se distingue por sus relaciones mutuas entre aniones y cationes, expresadas en por ciento del total de mML^{-1} .

La SN está regida por las leyes de la química inorgánica, ya que tiene reacciones que conducen a la formación de complejos y a la precipitación de los iones en ella, lo cual que éstos estén disponibles para las raíces de las plantas (De Rijck y Schrevens, 1998).

La pérdida por la precipitación de una o varias formas iónicas de los nutrimentos, puede ocasionar su deficiencia en la planta, además de un

desbalance en la reacción mutua entre los iones. Es esencial que la solución nutritiva tenga la proporción adecuada, necesaria para que las plantas absorban los nutrimentos, en caso contrario, se producirá un desequilibrio entre los nutrimentos, lo que dará lugar a excesos o déficit en el medio de cultivo y afectará la producción (Rincón, 1997).

La selección de elementos nutritivos de una SN universal al momento de la absorción por la planta, se puede explicar desde un punto de vista fisiológico, al no variar el equilibrio iónico de la SN durante el ciclo de cultivo; sin embargo, en una producción comercial, la nutrición de los cultivos debe tomar en cuenta aspectos técnicos y económicos (Scribd, 2014).

La planta no absorbe nutrimentos en la misma cantidad durante el ciclo, ya que lo hace según la etapa fenológica y las condiciones climáticas, por lo que el equilibrio iónico de la SN se adapta al ritmo de absorción de la planta (Rincón, 1997).

En 1961 en Holanda, surgió el concepto de solución nutritiva universal propuesta por Steiner. Esta solución nutritiva clasifica a los nutrimentos según su carga eléctrica. Aniones (carga negativa) considerados son el fosfato (H_2PO_4^-), el nitrato (NO_3^-) y el sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), y los cationes (carga positiva) considerados son potasio (K^+), calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}) (Scribd, 2014).

Los parámetros que caracterizan la SN son: el pH, la presión osmótica y las relaciones mutuas entre los aniones y los cationes (Rincón, 1997).

2.8 Fertilización Orgánica en tomate

Una fertilización orgánica también se conoce como abono orgánico, se derivan de la descomposición biológica de residuos de cultivos, estiércoles de animales, de árboles, arbustos, pastos y desechos naturales. Con la adecuada aplicación mejoran las propiedades y características físicas, químicas y biológicas del suelo, Se puede considerar una correcta forma de suministrar abono al suelo de igual manera para que las plantas lo asimilen (FIRA, 2000)

El abuso de fertilizantes inorgánicos en la agricultura, han provocado problemas en el ambiente, lo que empeora con la aplicación en dosis elevadas de los requerimiento de los cultivos (Rincón, 1997).

Nos hemos visto obligados al uso de nutrición balanceada y al igual a la demanda y el suministro de nutrimentos, lo que nos permite reducir el uso de fertilizantes, evitando contaminación de mantos acuíferos y la salinización del suelo, por tal motivo hemos tenido la necesidad en aplicar elementos nutritivos en forma racional, ya que los resultados han sido muy desfavorables para la salud humana a causa del uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas (Rodríguez, 2001).

Sagarpa (2012), menciona que la agricultura orgánica es una forma de producción con el uso de los recursos de la finca, dando prioridad a la fertilidad del suelo y a la actividad biológica así mismo reduciendo el uso de químicos orgánicos. El uso de fertilizantes químicos ha disminuido en un 50% en

producción de maíz de temporal y ha aumentado por lo menos un 30% en el uso y rendimientos de cultivo como el chile, papa y jitomate mediante biofertilizantes.

Con la diversificación biológica de orgánicos, crece también en forma la adaptación para los economistas agrícolas al igual que la demanda de alimentos y fibras por parte de los consumidores, ofreciendo oportunidad a los agricultores y empresas (Senasica, 2014).

La utilización de orgánicos habla de la importancia que tienen las bacterias promotoras de crecimiento de plantas para mejora de suelo en la agricultura, mediante la fijación de nitrógeno, producción de fitohormonas reguladoras de crecimiento, interacción con microorganismos benéficos y la inhibición de patógenos incrementando la productividad (Senasica, 2014).

Dentro de la agricultura orgánica el suelo es considerado como una fuente de sustrato, en el cual las plantas se pueden alimentar y desarrollar. A este ecosistema variado, al suelo se le incorpora materia orgánica, que dentro de esta labor es transformada como una fuente de alimento para los organismos grandes y pequeños existentes, quedando como resultado final un residuo que es conocido como humus; este forma la base de la fertilidad para las plantas (Lombricultura, 2014).

2.8.1 Los Miguladores

Son Bioreguladores para el control de procesos biológicos, son compuestos minerales selectos, con estructuras especiales cristalinas cribosas con altas capacidades de absorción e intercambio catiónico, con esto se lleva una función de enriquecimiento de ciertos nutrientes y elementos traza, en el proceso biológico ocurre después que se lleva acabo el desprendimiento de sustancias inhibidoras (Mayerwaren, 2014).

La producción de miguladores en el proceso de activación tribo-mecánica da como resultado un porcentaje elevado superficie interna y externa utilizada para los procesos de bio-regulación. Teniendo una reacción en la activación de ciertos nutrientes y elementos traza, controlando favorablemente el proceso biológico correspondiente, después hay absorción de sustancias inhibidoras existentes en el proceso desprendiéndose en compensación las sustancias enriquecidas. Los miguladores tienen una característica en forma de micro-ecosistema para un aumento de la actividad de ciertos micro-organismos estos tienen estabilidad térmica y sustancias que contienen acido (Mayerwaren, 2014)

Características generales de los Miguladores – Bio Reguladores (Mayerwaren, 2014):

- 100% Naturales
- Muy alta capacidad de absorción
- Muy alta porosidad
- Dotación natural con elementos biológicamente importantes Ca, K, Mg, Na, Si y varios elementos traza

- Muy alta afinidad para secuestrar amonio
- Nutrientes altamente bio-disponibles
- Alto grado de hidratación
- Superficie especifica muy grande (800 m²/g)
- Muy alta capacidad de intercambio iónico (1.5 meq/g)

2.8.2 IPUSagro Quattro P 400

Es un fertilizante foliar mineral compuesto base de Calcio, Magnesio y Elementos Traza con alta Bio – Disponibilidad y 100% Natural. Tiene la capacidad de influir positivamente en los efectos recíprocos de la planta, fortaleciendo la planta en suelo, aire y agua y con ello permitiendo los ciclos ecológicos (Mayerwaren, 2014).

Beneficios del IPUSagro Quattro P 400 (Mayerwaren, 2014):

- Crecimiento más rápido
- Aumenta el rendimiento (hasta 30% más)
- Aumenta la resistencia contra la sequía y el calor
- Aumenta la resistencia contra herbívoros y hongos
- Mejora la estabilidad del cultivo
- Aumento considerable de biomasa y disminución en el contenido de agua
- Aumento en el tiempo de conservación y por ende mejor capacidad para almacenar y transportar

- Ahorro en fertilizantes convencionales, herbicidas y pesticidas
- Mayor valor Brix y por ende mejor calidad de su producto
- Regulación del valor pH, la planta logra un valor óptimo de pH
- Estimulación del crecimiento de las raíces y con ello un mejoramiento en la asimilación de nutrientes del suelo (sobre todo el Fosforo)
- 100% natural

Cuadro 3. Composición química del IPUSagro Quattro P 400 (Mayerwaren, 2014).

| IPUSagro Quattro P400 | Composición |
|--|--------------------|
| Calcium (CaO) | 45.5% |
| Magnesium (MgO) | 4.5% |
| Silicio (SiO₂) | 3.5% |
| Potasio (K₂O) | 0.14% |
| Sodio (Na₂O) | 0.075% |
| Hierrro (Fe₂O₃) | 0.1% |
| Estroncio (SrO) | 0.17% |
| Manganeso (MnO) | 53 ppm |
| Cobalto (CoO) | 3 ppm |
| Zinc (ZnO) | 24 ppm |
| Azufre (SO₃) | 490 ppm |

2.8.3 IPUAagro B 100 – Mejorador de suelo

Los Miguladores para suelos mejoran la actividad de todos los nutrientes mediante el control de reprecidad entre los nutrientes y elementos traza en el suelo, esto en base para el uso eficaz de nutrientes y la mayor disponibilidad de agua. Mediante el intercambio de minerales del suelo que desarrollan los miguladores (mediante liberación lenta), estos los dejan en un estado de aprovechamiento de nutrientes y elementos traza para los microorganismos existentes en el suelo (Mayerwaren, 2014).

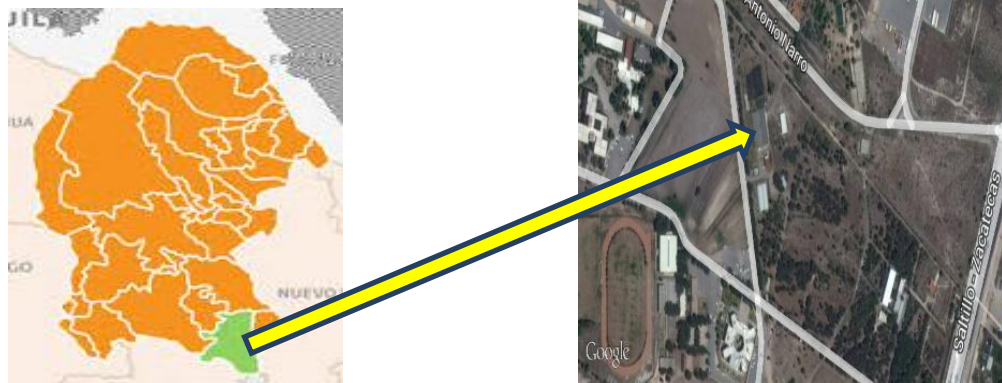
Beneficios del IPUSagro B 100 (Mayerwaren, 2014):

- Mayor rendimiento en sus cultivos (hasta 50%)
- Ahorros en fertilizantes convencionales
- Aumento en el almacenamiento de agua
- Aumento en la disponibilidad de nutrientes para sus cultivos
- La revitalización del suelo
- Inexistencia de residuos en sus cultivos
- Disminución de la contaminación de aguas subterráneas
- Reducción de la lixiviación del nitrógeno (hasta 800 kg/ha)
- 100% natural

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del Experimento

El trabajo se realizó en un invernadero tipo capilla del Departamento de Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista Saltillo, Coahuila, situada exactamente en una longitud Norte $25^{\circ} 21'$ y Longitud Oeste $101^{\circ} 03'$, con una elevación de 1781 msnm.



3.2 Obtención de plántula

Para la siembra se usaron dos charolas de poliestireno de 200 cavidades con sustrato perlita y peat moss (germinex) proporción 50-50. Se utilizó semilla de tomate híbrido de hábito de crecimiento indeterminado variedad "Caimán". La nutrición se llevó a cabo utilizando solución nutritiva Steiner al 20 % de concentración.

3.3 Trasplante

El trasplante se realizó 30 días después de la siembra el día 17 de septiembre del 2013. Se utilizaron macetas de polietileno de 12 L. Estas se llenaron con suelo calcáreo el cual se mezcló previamente con composta en una proporción de 4% en base a volumen para el caso del tratamiento orgánico, y para el caso del producto B100 se hizo el mismo proceso.

3.4 Aplicación de tratamientos

Se realizó la primera aplicación del producto P400 de MAYERWAREN al siguiente día después del trasplante a una dosis de 1.33 kg ha^{-1} diluidos en 400 L de agua para los tratamientos que incluyen dicho producto. Posteriormente se realizaron aplicaciones de P400 cada 2 semanas durante el periodo en que se desarrolló el cultivo totalizando en seis aplicaciones. La forma de aplicación fue foliar, disolviendo previamente el P400 en agua común. En el tratamiento que incluye el producto B100 se aplicaron 600 g por maceta, se realizó una mezcla previa con el suelo para homogeneizar y posteriormente se llenaron las

macetas con ésta. En el caso del tratamiento manejado de manera orgánica se hizo una mezcla del suelo con composta, se usó una dosis de 4% de composta en base al volumen del suelo. También se realizó la mezcla previa de suelo y composta para homogeneizar y posteriormente se llenaron las macetas.

3.5 Nutrición del cultivo

Para la nutrición del cultivo se utilizó la solución nutritiva Steiner (Steiner, 1961). El pH de la solución se ajustó a 6.5 cada vez que se realizó la preparación de la misma. Para el caso del manejo orgánico sólo se usó agua común.

3.6 Labores culturales

Durante el desarrollo del cultivo se removió el suelo superficial de las macetas para evitar la formación de algas. Además, a los 8 días después del trasplante las plantas de tomate se tutoraron con rafia común y utilizando anillos para tutoreo. Se realizaron podas para guiar la planta a un solo tallo, en estas se eliminaron los crecimientos axilares.

3.7 Tratamientos y diseño experimental

La prueba incluyó la aplicación de los productos P400 y B100 de la siguiente manera: 1) solución Steiner al 100% (Testigo), 2) solución Steiner al 100% + P400, 3) solución Steiner al 100% + P400 + B100, 4) solución Steiner al 50% + P400, y 5) manejo de suelo orgánico + P400 (Figura 1). Se usó un arreglo

completamente al azar y para determinar la existencia de diferencias entre tratamientos se realizó un ANOVA y una comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$) en el paquete estadístico SAS® 9.1.

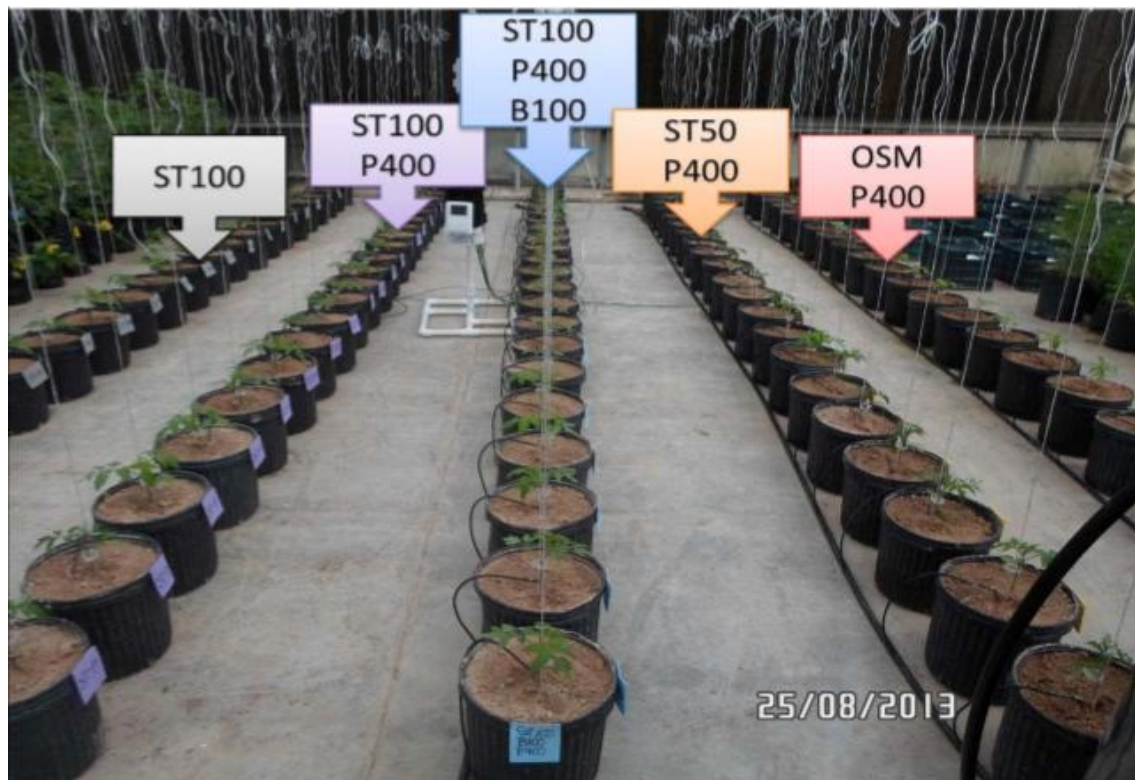


Figura 1. Arreglo experimental de los tratamientos. ST100 = solución Steiner al 100% (Testigo); ST100+P400 = solución Steiner al 100% + P400; ST100+P400+B100 = solución Steiner al 100% + P400 + B100; ST50+P400 = solución Steiner al 50% + P400; y OSM+P400 = manejo orgánico de suelo + P400.

3.8 Variables evaluadas

A las 12 semanas después del trasplante se realizó la evaluación de las siguientes variables en el cultivo de tomate:

- Altura de planta (cm): se realizó con un flexómetro midiendo desde la base del tallo hasta la parte del meristemo apical.

- Diámetro de tallo (mm): se usó un vernier y la medición se hizo en el tallo a la altura de la primera hoja verdadera.
- También se cuantificó el número de hojas, número de frutos, número de flores y número de racimos totales existentes en cada planta.
- Se cuantificó también el peso fresco de frutos existentes en la planta, peso fresco de parte aérea (suma de hojas y tallo), peso fresco de raíz, y el peso de frutos cosechados.
- Además se cuantificó el peso fresco del total de frutos (suma del peso de frutos cosechados más frutos en planta).

3.9 Evaluación de características bioquímicas

Para la evaluación de las variables bioquímicas se consideraron cinco repeticiones por tratamiento. Así mismo, para la determinación de la firmeza la cantidad de repeticiones por tratamiento fue de cinco frutos. Para la medición de la misma se usó un penetrómetro. Al momento del corte se realizó la primera evaluación, los frutos se mantuvieron a temperatura ambiente durante quince días para realizar la segunda evaluación.

Catalasa. La actividad de la catalasa (EC 1.11.1.6) se cuantificó por el método espectrofotométrico. Se llevó a cabo midiendo dos tiempos de reacción, tiempo 0 y tiempo 1 minuto, la mezcla de reacción se preparó del siguiente modo:

Cuadro 4. Evaluación de características bioquímicas.

| | <i>Blanco</i> | <i>T0</i> <i>(0 min reacción)</i> | <i>T1</i> <i>(1 min reacción)</i> |
|------------------------|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Extracto Proteico (mL) | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Peróxido 100 mM | 0 | 1 | 1 |
| Buffer fosfatos | 1 | 0 | 0 |
| HCl 5% | 0.4 | 0.4 | 0.4 |

La reacción se efectuó en tubos eppendorff a una temperatura de 20°C sometiéndose a agitación constante. Se monitoreó la cantidad de peróxido de Hidrógeno consumido a 1 minuto de reacción mediante una curva de calibración previamente trazada del peróxido (Ramos *et al.*, 2010). Los resultados se expresaron en mM consumido de peróxido/ 1 min/ proteínas totales (mg/g).

3.9.1 Ácido ascórbico

Este se determinó mediante cromatografía de líquidos, usando las siguientes condiciones cromatográficas:

Cuadro 5. Medición de condiciones cromatográficas.

| | |
|-------------------|---|
| Fase Movil | NaH ₂ PO ₄ 50 mM pH 2.8 |
| Longitud de onda | 230 nm |
| Flujo | 1.0 mL/ min |
| Fase estacionaria | Aquasil C-18 |
| Temperatura | 60 C |
| Tiempo de corrida | 15 min |

La extracción se realizó pesando 100 mg de tejido liofilizado y macerado. Posteriormente se le agregó 1 mL de la mezcla agua:acetona 1:1. Se sometió a Vortex por 30 segundos, luego se centrifugó a 12,000 rpm a 4°C y finalmente se extrajo el sobrenadante. Este se filtró con filtro de pirinola de 0.4 µ y se inyectó en cromatógrafo de líquidos Thermo System. Los resultados se expresaron en mg/L (Sultana *et al.*, 2009; Nsor-Atindana *et al.*, 2012).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de las variables agronómicas evaluadas se presentan en las Cuadro 6 y 7, Figuras 2-12. En el Cuadro 6 se presentan los resultados correspondientes a las variables diámetro de tallo, altura de planta, número de hojas, frutos, racimos y flores (Figuras 2-7). En el Cuadro 6 se presentan los resultados correspondientes a los pesos frescos de fruto en planta, parte aérea, raíz, cosecha y frutos totales (Figuras 8-12). Se observó que el tratamiento ST100+P400 presentó los mayores valores en altura, número de hojas, número de frutos y número de racimos (Figuras 3-7). En el caso de altura el tratamiento ST100+P400 fue superior a los tratamientos ST100, ST50+P400 y OSM+P400 (Tukey, $p \leq 0.05$) (Cuadro 6, Figura 3). Con excepción del número de flores, en todas las variables el tratamiento OSM+P400 fue el que presentó los resultados más bajos estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$) (Cuadro 6).

Con respecto a los pesos frescos se encontró que para el caso de los frutos en la planta el tratamiento ST100+P400 presentó el valor más alto (Figura 9). Aunque dicho tratamiento sólo fue estadísticamente superior al OSM+P400 (Tukey, $p \leq 0.05$), también fue superior al ST100 por aproximadamente un 30%. Así mismo se observó que el ST100 fue sólo 11% superior al ST50+P400 (Cuadro 6, Figura 9). En el peso fresco de la parte aérea los tratamientos ST100, ST100+P400 y ST100+P400+B100 fueron iguales entre sí y superiores a los tratamientos ST50+P400 y OSM+P400 (Tukey, $p \leq 0.05$) (Figura 9). En el peso fresco de la raíz el mejor tratamiento fue el ST100 siendo superior

estadísticamente a los tratamientos ST100+P400, ST50+P400 y OSM+P400 (Tukey, $p \leq 0.05$) (Cuadro 7, Figura 12).

En cuanto al fruto cosechado no se observaron diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$), pero se encontró que el tratamiento ST50+P400 presentó el valor más alto de cosecha, siendo superior al ST100 por un 40% aproximadamente. También el ST100+P400+B100 fue superior al ST100 por un 17% aproximadamente (Cuadro 7, Figura 9).

Cuando se evaluó el total de frutos (suma de fruto en planta más fruto cosechado) sólo se encontró que el tratamiento OSM+P400 fue estadísticamente diferente del resto, y presentó el valor más bajo (Tukey, $p \leq 0.05$). En esta variable el tratamiento ST100+P400 presentó el valor más alto, siendo superior al ST100 por un 16% aproximadamente (Cuadro 7, Figura 9). Además se encontró también que los tratamientos ST100+P400+B100 y ST50+P400 también fueron superiores al ST100 con aproximadamente 8 y 7.5% respectivamente (Figura 9).

Además, en la Figura 10 se presenta la productividad de los frutos por los diferentes tratamientos expresada en toneladas por hectárea hasta el momento en que se eliminaron las plantas. Se observa que en cuanto a la cantidad de frutos restantes en la planta el ST100+P400 es superior al ST100 por 15 Ton aproximadamente. Así mismo, se puede observar que en el tratamiento ST50+P400 se cosecharon 11 Ton más que en el ST100. En este caso, en el ST100 se cosecharon sólo 2 Ton más que en el ST100+P400. Finalmente, en lo

referente al potencial de producción expresado como fruto total se puede ver que el ST100+P400 es el mayor, siendo 12 Ton superior al ST100. También se observa que los tres tratamientos con aplicación de solución Steiner más la aplicación del producto P400 fueron superiores al tratamiento ST100 en esta variable. Aunque estadísticamente no existieron diferencias estadísticas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre los cuatro tratamientos con solución Steiner, comercialmente si presentan diferencias importantes en cuanto a la producción de fruto. Además, considerando que sólo se evaluó la producción durante dos semanas de cosecha, es posible que si se continúa con dicho proceso, se puedan presentar diferencias estadísticas en un ciclo completo de producción.

Considerando que tanto en el peso fresco de frutos en planta como en el total de frutos el tratamiento ST100+P400 presentó los valores más altos se puede decir que potencialmente es el que puede generar mayor producción de fruto en un ciclo completo del cultivo de tomate (Cuadro 9).

Cuadro 6. Comparación de medias de las variables medidas en las plantas de tomate y su correspondiente significancia de los tratamientos evaluados. Letras diferentes indican diferencias estadísticas (Tukey, $p \leq 0.05$).

| Tratamientos | Diámetro (mm) | Altura (cm) | Número de Hojas | Número de Frutos | Número de Racimos | Número de Flores |
|-----------------|---------------|-------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|
| ST100 | 14.16a | 229.6bc | 34.3ab | 19.27a | 8.45ab | 2.09a |
| ST100+P400+B100 | 12.94a | 245.2ab | 34.2ab | 19.54a | 9.09a | 3.09a |
| ST100+P400 | 12.84a | 256.1a | 34.9a | 23.27a | 9.36a | 2.18a |
| ST50+P400 | 11.38b | 215.3c | 31.8b | 17.91a | 7.36b | 2.27a |
| OSM+P400 | 9.81c | 111.9c | 18.8c | 3.27b | 4.00c | 0.00a |

Cuadro 7. Comparación de medias de las variables medidas en las plantas de tomate y su correspondiente significancia de los tratamientos evaluados. La media correspondiente es expresada en gramos por planta. Letras diferentes indican diferencias estadísticas (Tukey, $p \leq 0.05$).

| Tratamientos | Peso fresco de fruto | Peso fresco de parte aérea | Peso fresco de raíz | Peso fresco de cosecha | Peso fresco del total de frutos | Peso seco de parte aérea | Peso seco de raíz |
|------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------|
| ST100 | 1676.4a | 1643.1a | 237.6a | 922.4a | 2598.8a | 128.75a | 55.05a |
| ST100+P400+B100 | 1727.1a | 1598.6a | 180.5ab | 1083.9a | 2811.0a | 125.56a | 42.19ab |
| ST100+P400 | 2154.7a | 1559.8a | 99.19bc | 851.4a | 3006.1a | 122.79a | 21.44bc |
| ST50+P400 | 1504.3a | 843.6b | 144.9b | 1289.9a | 2794.2a | 71.51b | 33.51b |
| OSM+P400 | 99.5b | 226.6c | 38.28c | 491.9a | 591.3b | 27.33c | 8.28c |

4.1 Variables bioquímicas

Respecto a los análisis bioquímicos, los resultados se presentan en la Cuadro 8. Se puede observar que la actividad enzimática (catalasa) en las hojas de la planta de tomate fue mayor en los tratamientos ST100+P400 y ST50+P400, mientras que el tratamiento ST100+P400+B100 fue el que presentó el resultado más bajo (Tukey, $p \leq 0.05$) (Figura 13). En cuanto al contenido de ácido ascórbico en las hojas se encontró que el tratamiento OSM+P400 fue el mayor, siendo superior al ST100+P400 por tres veces aproximadamente (Tukey, $p \leq 0.05$). Los tratamientos ST100, ST100+P400+B100 y ST50+P400 presentaron valores por debajo de la escala medible (Figura 14). Considerando ambos resultados, el tratamiento ST100+P400 fue el mejor, generando mayor actividad enzimática y mayor contenido de ácido ascórbico (Cuadro 8).

En cuanto a los análisis realizados a los frutos de tomate se observó que la cantidad de ácido ascórbico fue diferente en el pericarpio y en el endocarpio (Figura 15). En el pericarpio la mayor concentración la presentó el tratamiento OSM+P400 seguido por el tratamiento ST100+P400 (Tukey, $p \leq 0.05$) (Figura 15). En el endocarpio también el tratamiento OSM+P400 fue el de mayor concentración, siendo superior al resto de los tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$) (Figura 15). Aun así, se observó que todos los tratamientos que incluyeron el P400 aumentaron la concentración de ácido ascórbico en el endocarpio en comparación con el testigo (ST100) (Cuadro 8).

En cuanto a la firmeza de los frutos se observó que al momento del corte todos los tratamientos presentaron valores iguales estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$) (Figura 16). A los 15 días después de del corte los resultados no mostraron diferencias estadísticas (Tukey, $p \leq 0.05$). Sin embargo, se observó que la firmeza de los tratamientos ST100+P400+B100 y ST100+P400 fue la que presentó los mayores valores, siendo superior por alrededor del 11% al tratamiento ST100 (Figura 16). El tratamiento OSM+P400 fue el que presentó los menores valores. A pesar de no existir diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$), se observó que el tratamiento ST100+P400+B100 fue el que menor firmeza perdió después de 15 días de cosechados los frutos (0.56 kgf) seguido por el ST100+P400 (1.1 kgf) (Cuadro 8, Figura 16).

Cuadro 8. Comparación de medias de las variables bioquímicas medidas en las plantas de tomate y su correspondiente significancia de los tratamientos evaluados. Letras diferentes indican diferencias estadísticas (Tukey, $p \leq 0.05$).

| Tratamientos | HOJA | | FRUTO | | | | |
|------------------------|----------|--|---|---|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | Catalasa | Ácido ascórbico (mg g^{-1}) | Ácido ascórbico pericarpio (mg g^{-1}) | Ácido ascórbico endocarpio (mg g^{-1}) | Firmeza al corte (kgf) | Firmeza a 15 días (kgf) | Firmeza perdida (kgf) |
| ST100 | 1.35ab | 0.0c | 1.42c | 0.69b | 3.56a | 2.25a | 1.31a |
| ST100+P400+B100 | 0.80b | 0.0c | 1.20c | 1.09b | 3.13a | 2.56a | 0.56a |
| ST100+P400 | 1.54a | 7559.6b | 2.57b | 1.18b | 3.60a | 2.50a | 1.10a |
| ST50+P400 | 1.40a | 0.0c | 1.94bc | 1.10b | 3.41a | 1.93a | 1.49a |
| OSM+P400 | 1.35ab | 24441a | 4.59a | 2.18a | 3.13a | 1.56a | 1.57a |

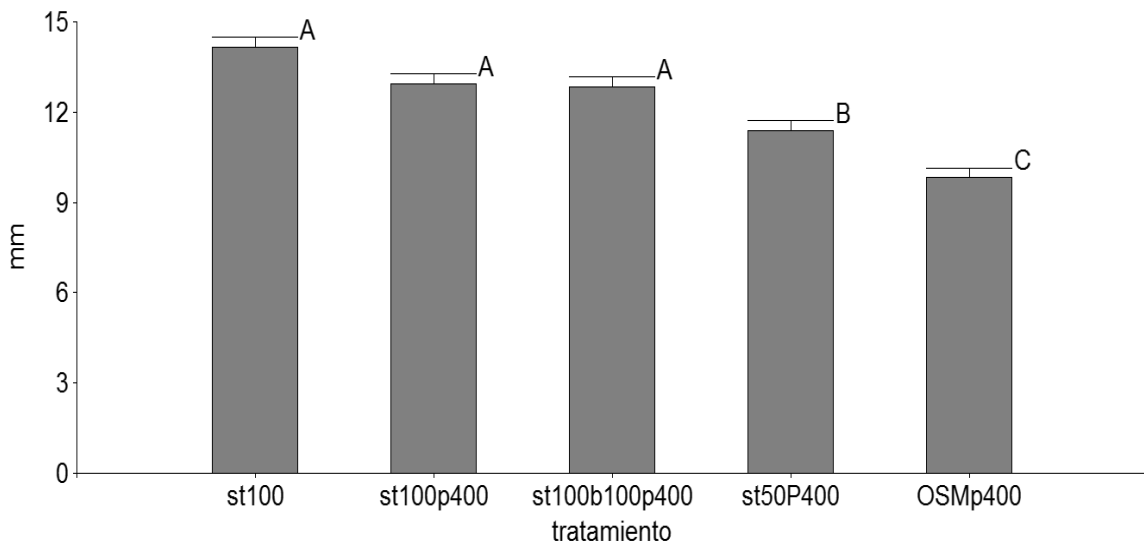


Figura 2. Diámetro de tallo de los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

En los resultados obtenidos en el presente estudio (Cuadro 6), aunque no existieron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos ST100+P400+B100 y ST100+P400, pero si con los tratamientos ST50P+400 y

OMS+P400. Esto aparentemente indica que el P400 no afectó dicha variable, aún y cuando se ha reportado que la aplicación de Si vía foliar en plántulas de café ha mejorado el diámetro de tallo (Caicedo, 2007).

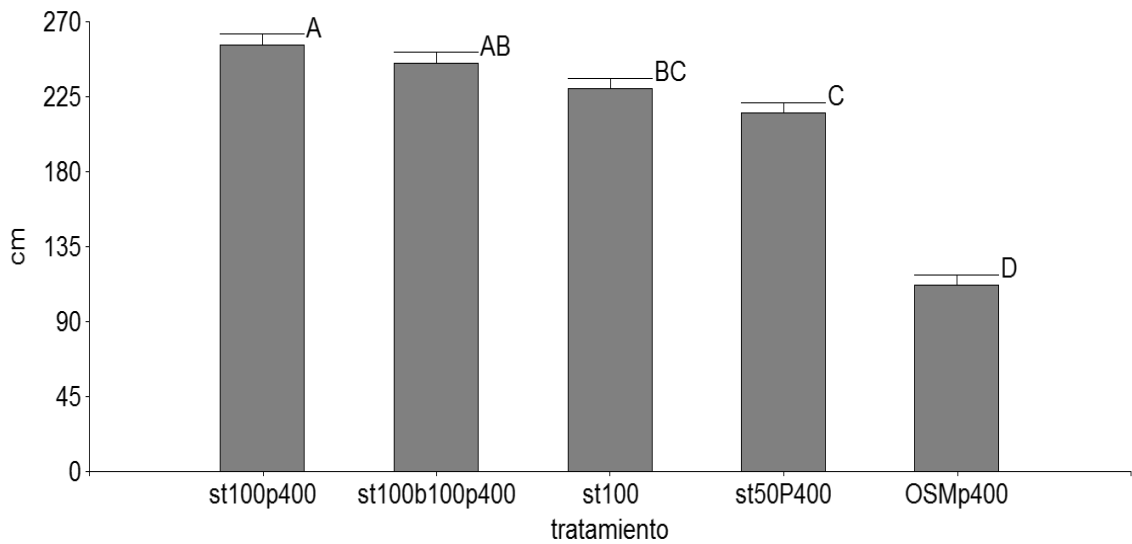


Figura 3. Altura de planta de los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

La aplicación de Ca en tomate es parte fundamental para el desarrollo de una planta, y se ha reportado que la aplicación de este elemento ha dado buenos resultados, sobre todo en la altura de planta (Rodríguez, 1982). La concentración de Ca en el P400 puede explicar entonces los resultados del presente estudio, donde el tratamiento ST100+P400 (Figura 3) muestra un efecto significativo en la altura de planta.

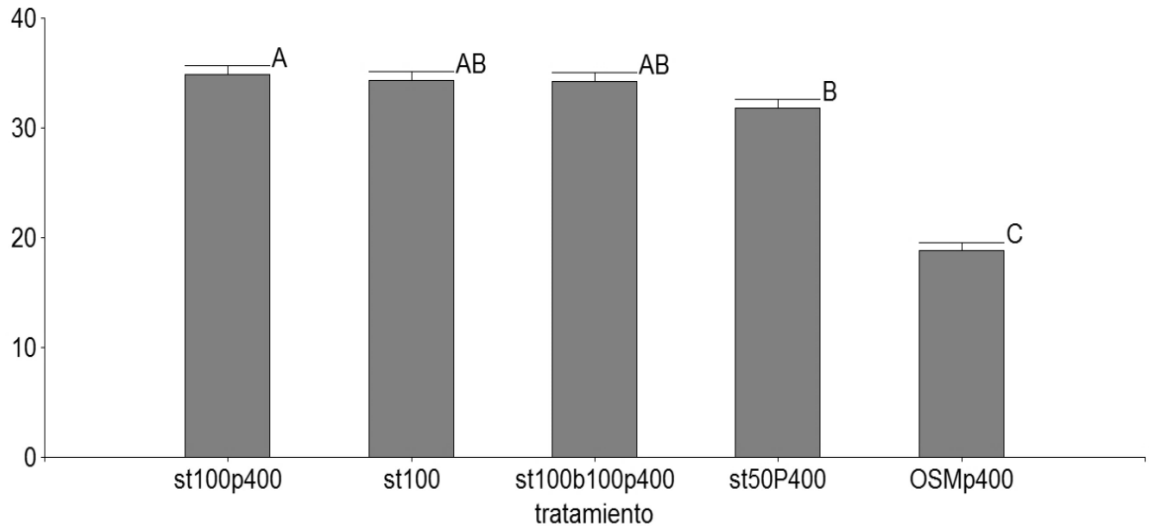


Figura 4. Número de hojas de los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

El mayor número de hojas observado en el tratamiento ST100+P400 (Figura 4) en comparación con los demás tratamientos, pudo ser efecto del contenido de silicio en el P400, ya que Caicedo (2007) encontró que al aplicar dicho elemento en forma foliar se vio incrementado el número de hojas en tomate. De acuerdo con Korndörfer y Datnoff (2004) el silicio tiene como función estimular el crecimiento de algunas plantas, por lo que se le ha considerado como un elemento altamente benéfico, incluso esencial para algunas plantas.

Mandujano (2012), menciona que el cobalto también presenta un efecto positivo en la formación de hojas y flores, por lo que la mejora de los resultados obtenidos en dichas variables en los tratamientos en los que se aplicó el P400 puede ser debido a la concentración de Si y Co en el producto, ya que los tratamientos ST100+P400+B100 (figura 5) y ST100+P400 (figura 4) presentaron un aumento en el número de hojas y flores en comparación con el testigo. Así mismo, otros autores han verificado el efecto positivo de la

aplicación de silicio en el cultivo de chile habanero (Cárdenas *et al.*, 2014), además de que se ha establecido que dicho elemento tiene un efecto significativamente positivo en el sistema suelo-planta, ya que la nutrición con silicio al cultivo refuerza en la planta su capacidad de almacenamiento y distribución de carbohidratos requeridos para el crecimiento y producción de cosecha (Quero, 2008).

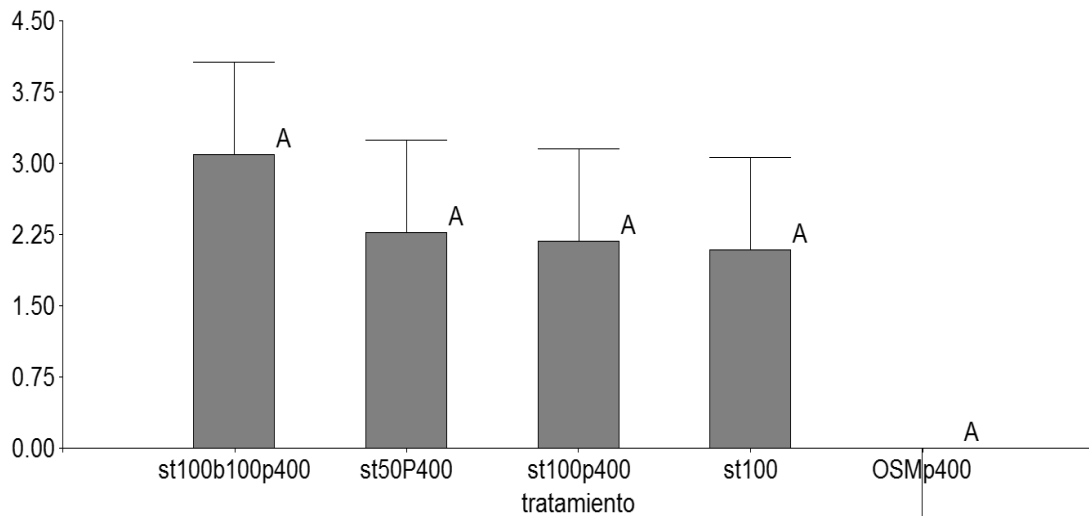


Figura 5. Número de flores de los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

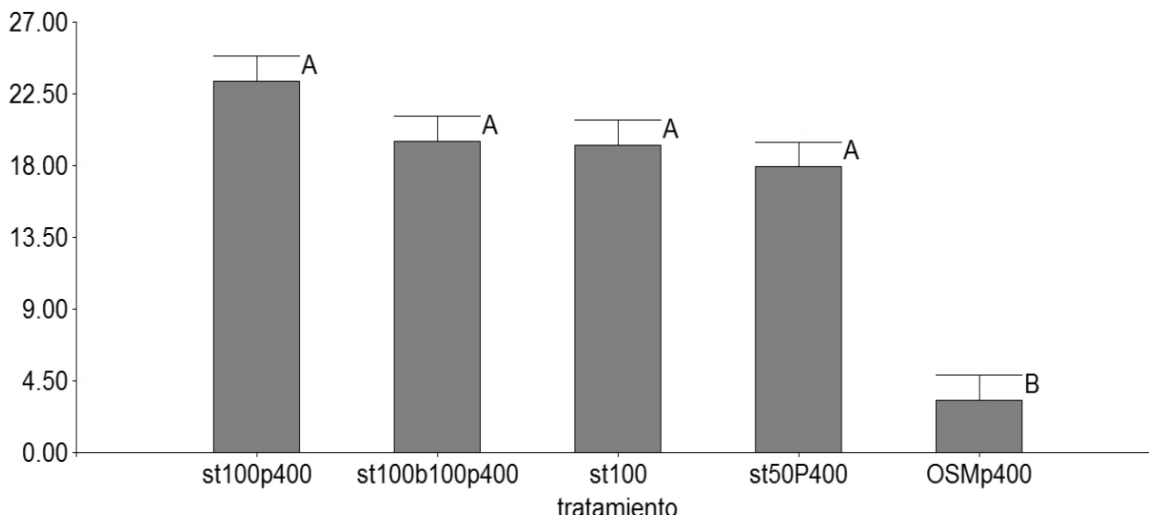


Figura 6. Número de frutos de los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

Si bien no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos de este trabajo, si se observa una diferencia numérica de aproximadamente cuatro frutos por planta entre el tratamiento ST100+P400 y el testigo (Figura 6). Lo cual concuerda con Cárdenas *et al.* (2014), quienes al aplicar Si en chile habanero a diferentes dosis observaron un mayor número de frutos en los tratamientos.

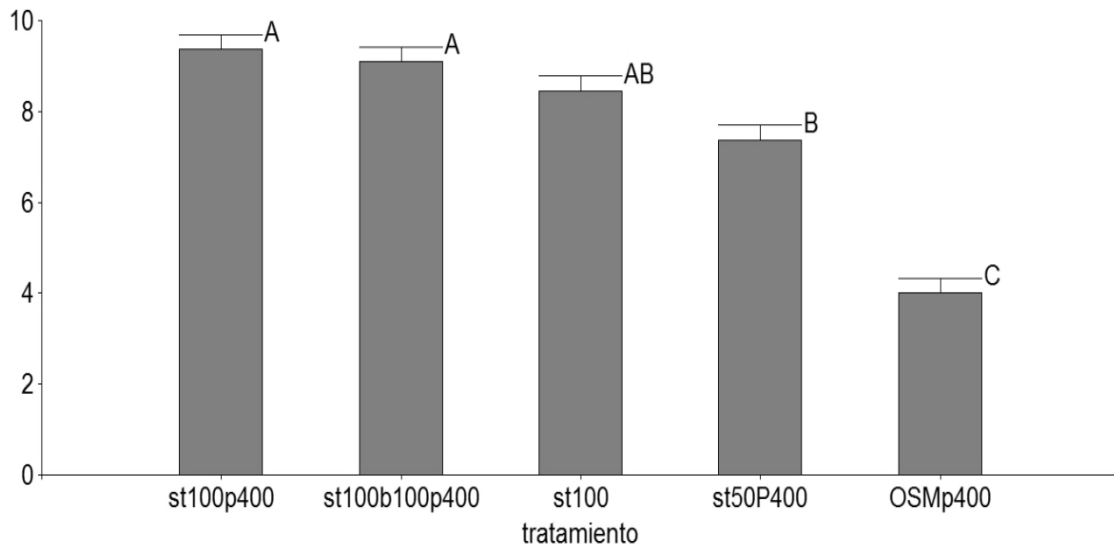


Figura 7. Número de racimos de los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

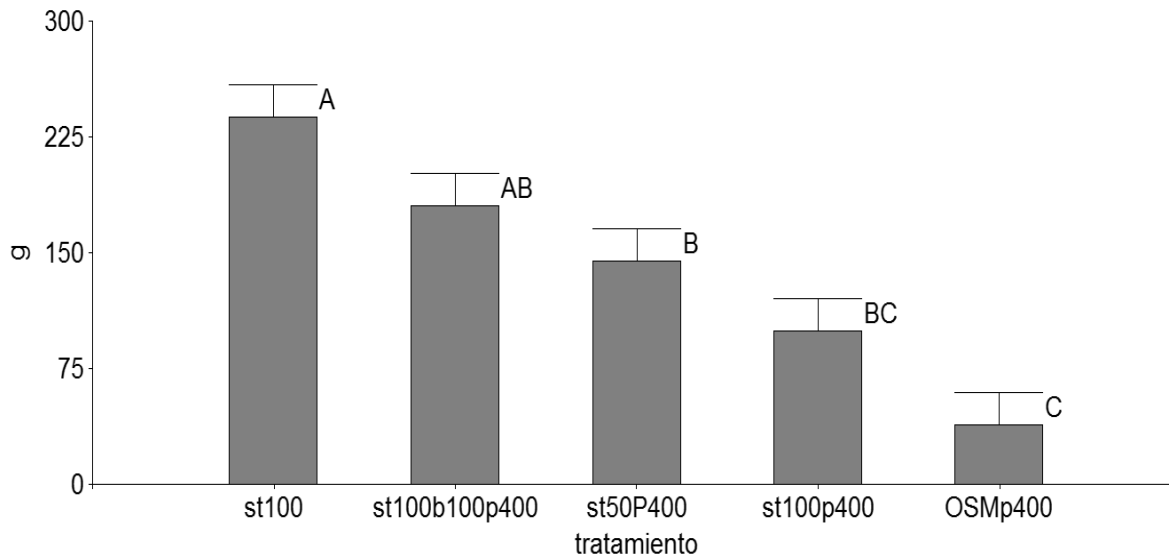


Figura 8. Peso fresco de raíz. Se incluye la barra de error estándar.

De acuerdo con el resultado de peso fresco de raíz, el testigo ST100 (Figura 8) muestra una diferencia estadísticamente significativa contra los demás tratamientos. Esto difiere de lo reportado por otros autores quienes han reportado, que al aplicar silicio en plantas de trigo se incrementó la formación de raíz (Gutierrez *et al.*, 1998; Lopez *et al.*, 1998), sin embargo, se debe tomar en cuenta que en este trabajo el producto P400 aplicado de forma foliar no solo contiene Si, sino una serie de elementos adicionales.

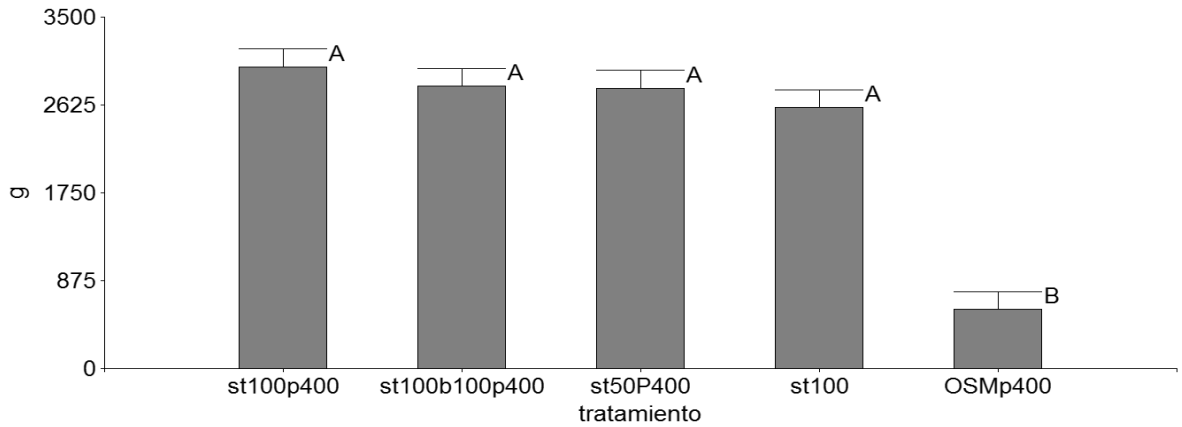


Figura 9. Peso fresco del total de frutos (suma del peso de frutos cosechados y peso fresco de fruto en planta) los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

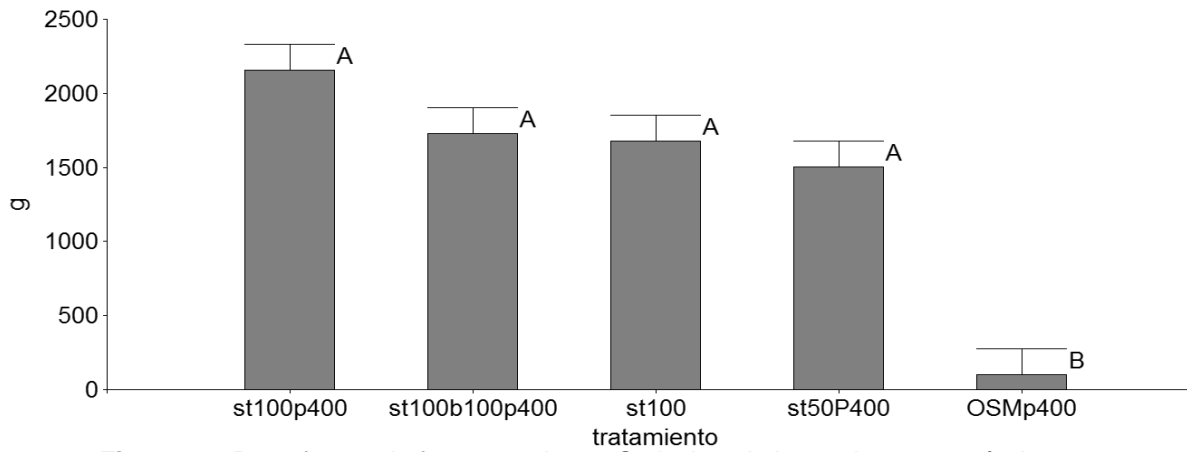


Figura 10. Peso fresco de frutos en planta. Se incluye la barra de error estándar.

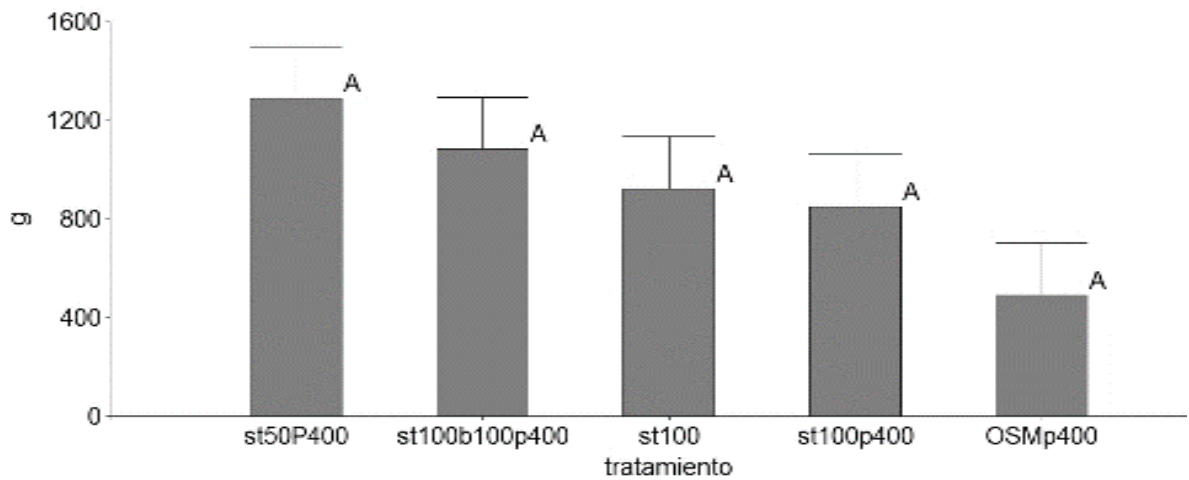


Figura 11. Peso fresco de fruto cosechado. Se incluye la barra de error estándar.

Armenta (2001), reportó que con el aumento de la aplicación de K en la solución nutritiva en el cultivo del tomate, se presentaron buenos resultados en el peso fresco total del fruto. Además, Gutiérrez (1995), en su trabajo de investigación con aplicación de Ca en el cultivo de chile, encontró también una mejora significativa en esta variable con respecto al testigo. Esto pudiera justificar el efecto del P400 sobre la formación y producción de frutos por las plantas de tomate, ya que los tratamientos que incluyeron la aplicación de dicho producto en general dieron mejores resultados en las variables relacionadas (Figuras 9-12). Además del posible efecto del K y Ca, también se ha reportado que el Si afecta favorablemente la formación y producción de frutos en el cultivo de chile (Sánchez *et al.*, 2011), por lo que la concentración de dicho elemento en el P400 también pudo contribuir al efecto positivo observado.

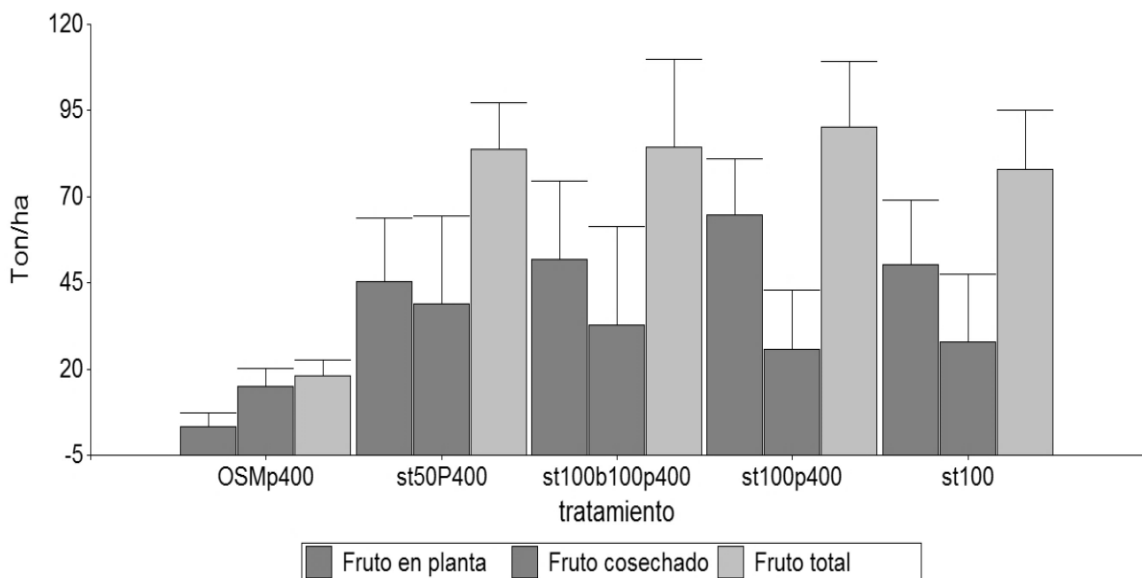


Figura 12. Producción de frutos de los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

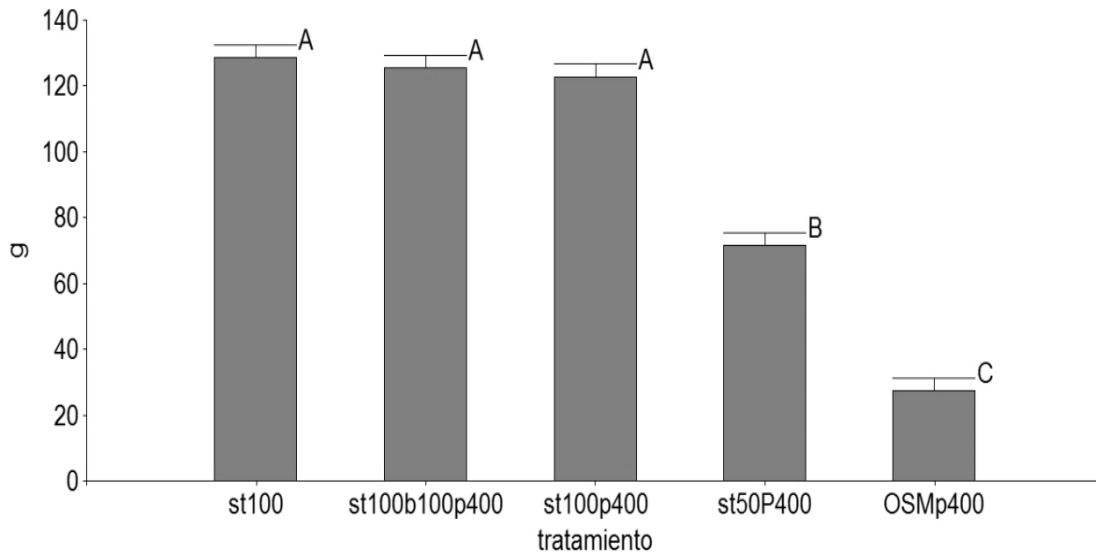


Figura 13. Peso seco de parte aérea de los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

García *et al.* (2009), encontraron en su trabajo que con la aplicación de bioreguladores de crecimiento y fertilizantes orgánicos a diferentes dosis en plantas de tomate bajo condiciones de invernadero, se generó una mayor formación de biomasa seca en las plantas, efecto que no se observó en este trabajo (Figura 13). Esto se puede explicar debido a que no se aplicó solución nutritiva al tratamiento orgánico, y ya que el híbrido de tomate usado es altamente demandante de nutrientes, simplemente el aporte orgánico no fue suficiente para el desarrollo adecuado de las plantas.

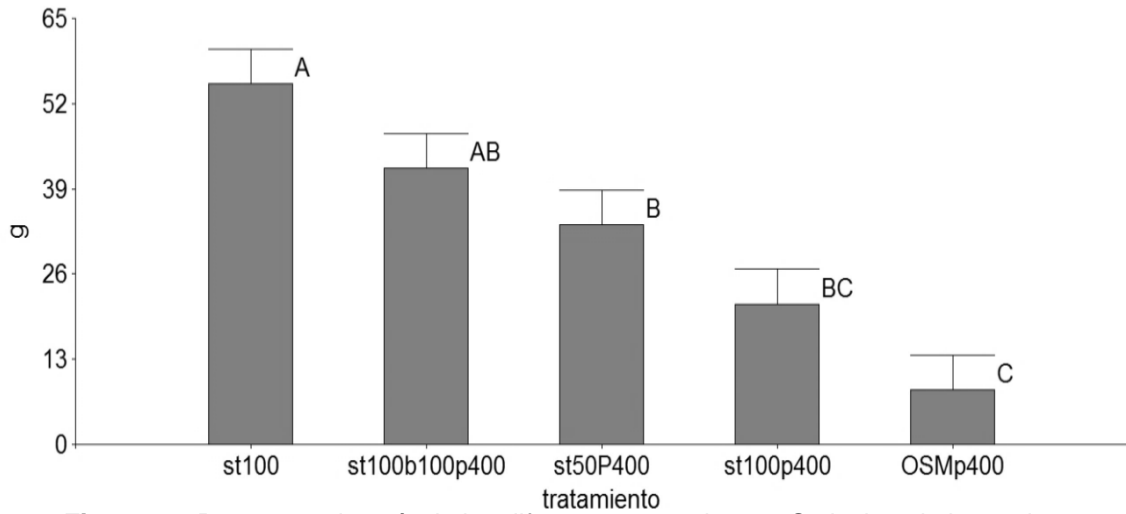


Figura 14. Peso seco de raíz de los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

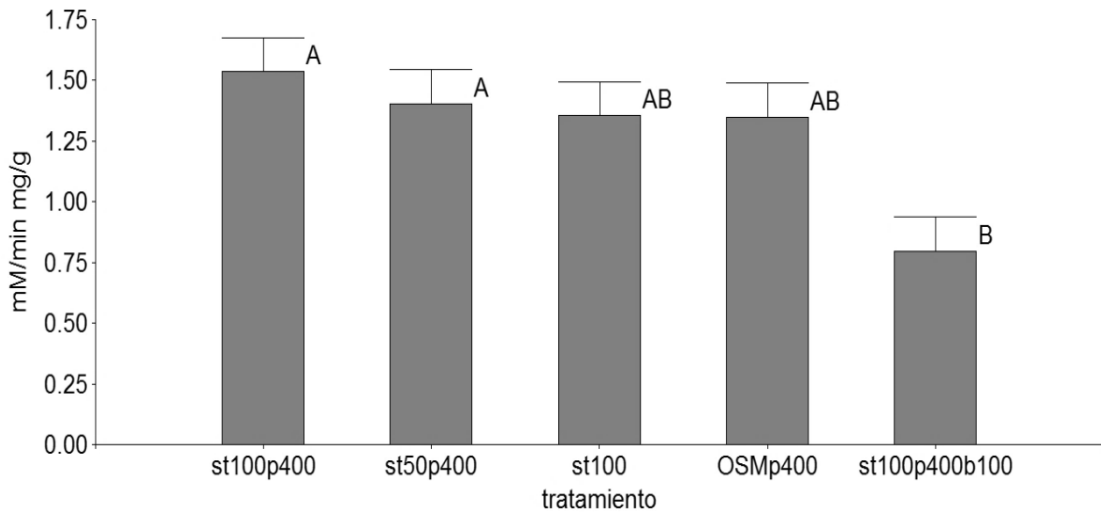


Figura 15. Catalasa en hoja de los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

La catalasa es una oxidorreductasa esencial en el sistema antioxidante de las plantas, la cual se halla en los distintos órganos aunque de manera localizada, como sucede en las hojas, donde ha sido reportada solamente en los peroxisomas Arora *et al.* (2002). Los resultados obtenidos, indican que

posiblemente la aplicación de P400 desencadena la generación de dicha enzima, ya que se observó un incremento en los tratamientos ST100+P400 y ST50+P400 en comparación con los demás tratamientos (Figura 15).

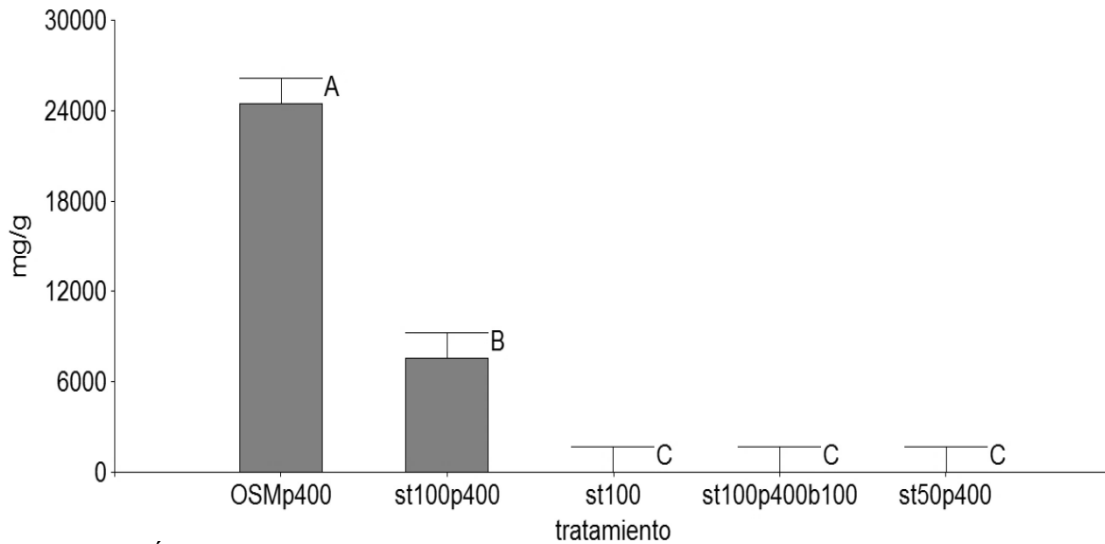


Figura 16. Ácido ascórbico en hoja de los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

Mismos resultados se observan en el contenido de ácido ascórbico, en el que el mayor tratamiento fue el OSM+P400, seguido de los tratamientos ST100+P400 y ST50+P400. El OSM+P400 generó más ácido ascórbico debido al estrés sufrido por las deficiencias nutrimentales, mientras que el efecto observado en los tratamientos ST100+P400 y ST50+P400 confirman que el P400 influye en la generación de compuestos antioxidantes (Figuras 16-18).

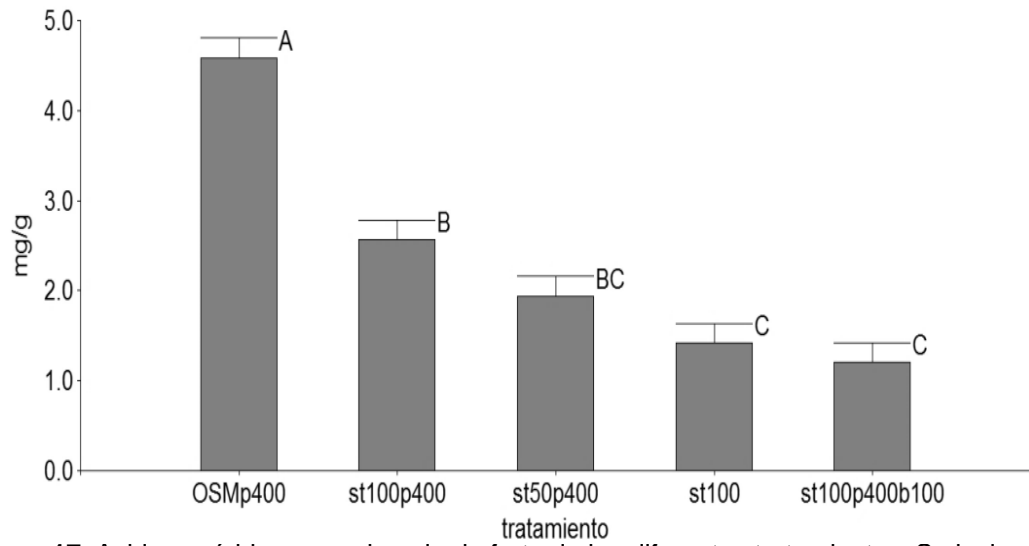


Figura 17. Ácido ascórbico en pericarpio de fruto de los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

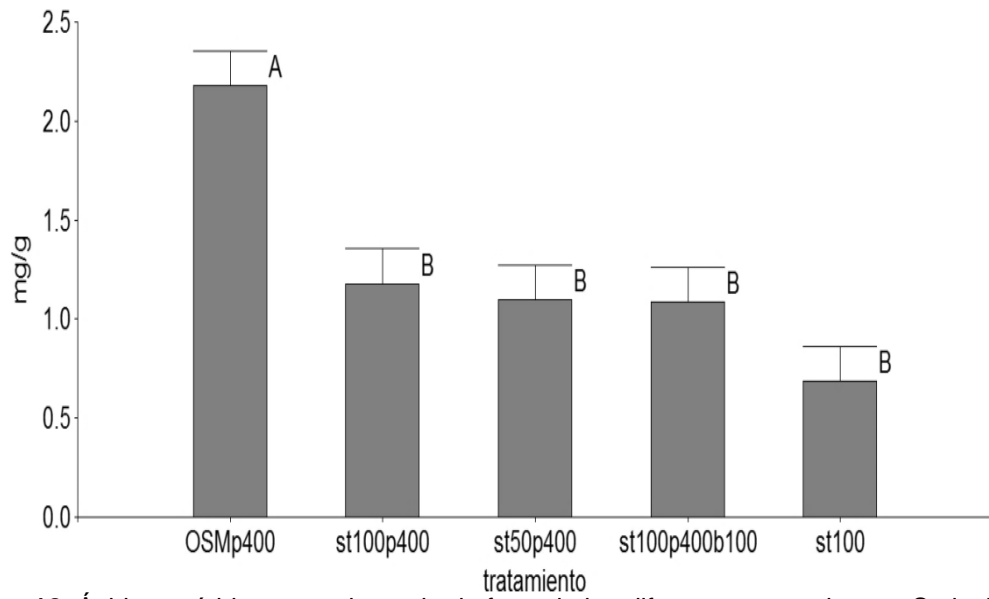


Figura 18. Ácido ascórbico en endocarpio de fruto de los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

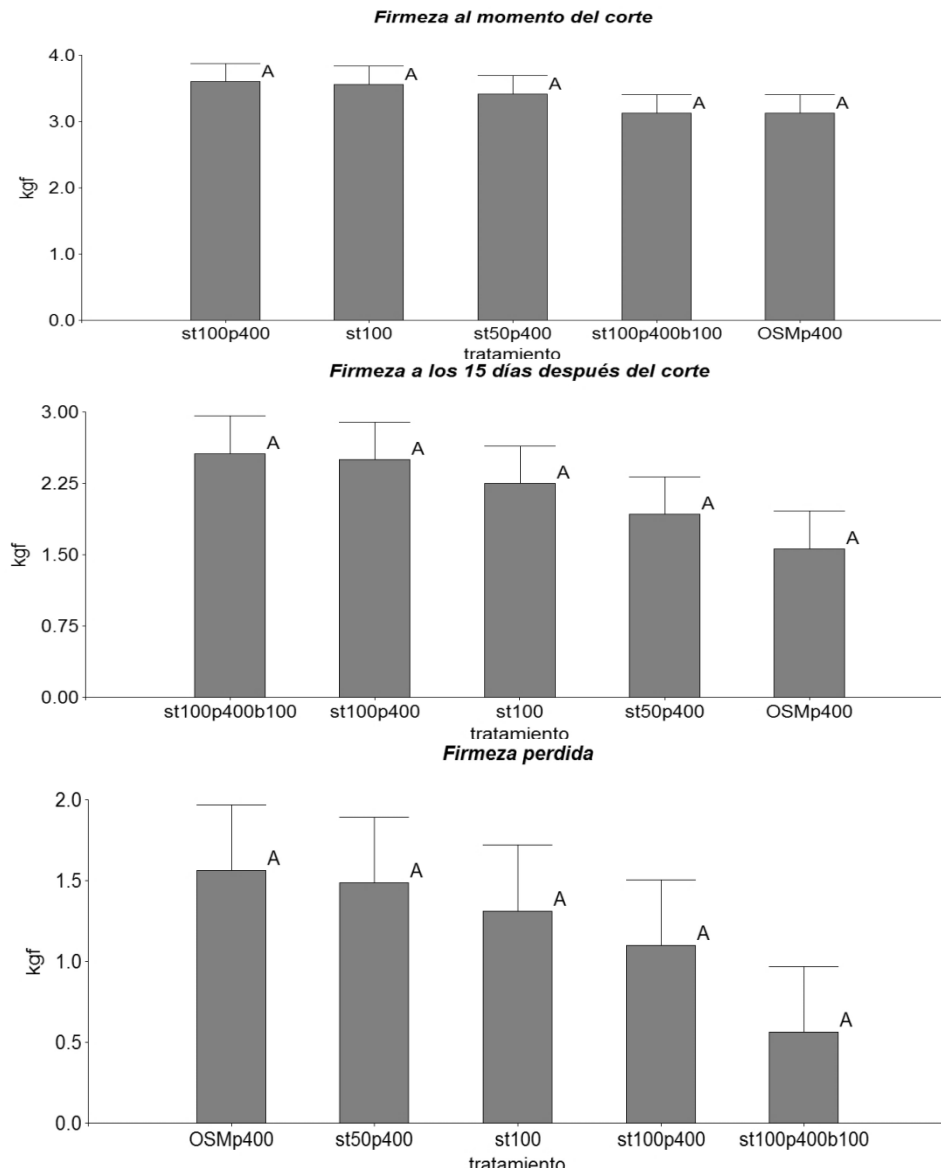


Figura 19. Firmeza al momento del corte, 15 días después del corte y firmeza perdida de los diferentes tratamientos. Se incluye la barra de error estándar.

Varios autores han evaluado el efecto de la aplicación de Ca reportando que tiene un efecto positivo en la firmeza de diferentes frutos (Marschner, 1995; Granados, 2013). Esto indica que el alto contenido de Ca en el P400 pudo influir en el hecho que los tratamientos ST100+P400+B100 y ST100+P400 fueran los que menos firmeza perdieran después de 15 días de cosechados los frutos.

V. CONCLUSIONES

Considerando las variables agronómicas evaluadas el mejor tratamiento es el ST100+P400 ya que presentó los mejores resultados en la mayoría de estas variables.

En cuanto a la producción de frutos, el mejor tratamiento también fue el ST100+P400. Adicionalmente, los tratamientos ST100+P400+B100 y ST50+P400 también fueron superiores al ST100 (testigo).

Los resultados obtenidos muestran que la aplicación del producto P400 mejora la productividad de tomate en invernadero favoreciendo la producción de fruto.

La aplicación del P400 permitió un ahorro en los fertilizantes ya que en presencia de P400 la reducción de la fertilización en las plantas de tomate al 50% no disminuyó la producción potencial de fruto en comparación con una fertilización al 100%.

El tratamiento OSM+P400 (orgánico) generó los mejores resultados en la parte bioquímica de hojas y frutos, esto es en la calidad nutricional y contenido de antioxidantes, sin embargo, presentó los valores más bajos de productividad.

La aplicación del P400 en combinación con una fertilización completa (Steiner al 100%) favorece la actividad de catalasa y contenidos de ácido ascórbico en hoja y fruto. Esto además de elevar la calidad nutricional pudiera relacionarse con mayor tolerancia al estrés.

El tratamiento ST100+P400+B100 es el que presentó la mayor firmeza después de 15 días de cosechados los frutos, así como ser el que menor firmeza perdió en el mismo periodo de tiempo. El ST100+P400 fue el segundo mejor tratamiento en cuanto a la firmeza de fruto. Esto indica que potencialmente ambos tratamientos son los que tienen mayor vida de anaquel.

El mejor tratamiento fue el ST100+P400 ya que favoreció la productividad de las plantas de tomate al mismo tiempo que incrementó su actividad enzimática, contenido de ácido ascórbico, y firmeza de frutos.

VI. LITERATURA CITADA

- Armenta, A. 2001. Relaciones de Nitratos y Potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción Nutricional de tomate. Revista Chapingo Serie Horticultura 7(1): 61 – 75. 64 p.
- Arora, A. et al. 2002. Oxidative stress and antioxidative system in plants. Review article. Current Science. 82:122
- Bugarín-Montoya, R., A. Galvis-Spinola, P. Sánchez-García and D. Gacía-Paredes. 2002. Daily accumulation of aboveground dry matter and potassium in tomato. TERRA LATINOAMERICA 20(4): 401-409.
- Cabezas, C. M. 2008. Evaluación nutritiva y nutracéutica de la mora de castilla. [En línea] Disponible en: dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2017/1/56T00312. 90p. Consultado el 14 de febrero del 2015.
- Caicedo, L. and Chavarriaga, W. 2007. Efecto de la aplicación de dosis de silicio sobre el desarrollo en almácigo de plántulas de tomate de café variedad Colombia. [En línea] Disponible en: agronomi.ucaldas.edu.com/downloads/agronomía. 15(1): 2 30p. Consultado el 11 de febrero del 2015.
- Campo Expert. 2013. El Magnesio: Nutriente Esencial en la producción de frutales y cultivos. [En línea] Basfoliar Mg. Experts for Growth. <http://www.campo.cl>. Consultado el 18 de febrero del 2015.
- Cárdenas, C. A., García, J., Delgado, M. I., Gutiérrez, R. B. 2014. Efectos de diferentes concentraciones de silicio adicionando al suelo en el cultivo de chile habanero a cielo abierto. Revista científica Biología Agropecuaria Tuxpan 2 (2): 92 – 96.
- Casierra-Posada, F., M.C. Cardozo and J.F. Cárdenas-Hernández. 2007. Growth analysis of tomato fruits (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivated in greenhouse. Agronomía Colombiana 25(2): 299-305.

- Castañeda, R. 2013. Funciones y Deficiencias de Nutrientes en las Plantas. Universidad Popular de la Chantálpa. P.18. [En línea]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/raulcc1950/funciones-y-deficiencias-de-nutrientes?related=1>. Consultado el 18 de febrero del 2015.
- Centeno, G.E 1986. El Cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum mil.*) y su Mejoramiento Genético. Monografía de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- De Rijck, G. and E. Schrevens. 1998. Comparison of the mineral composition of twelve standard nutrient solutions. J. Plant Nut. 21: 2115-2125.
- DUMAS Y., DADOMO M., DI LUCCA G., GROLIER P. (2003). Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes, en: Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 83, pp. 369-382.
- Escalona C., Alvarado V., Claudio U. Z., Alejandro M. B., 2009 manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) 3ª Edición. Publicación 3311. Universidad de California. P 580.
- Enríquez, R., S.A., Alcántar G., J.z. Castellanos J., Suárez E.A., González, E. and I. Lozano-Ferrat. 2003. NUMAC-N Tomato: Mineral nutrition fit at growth. The nitrogen nutrition in tomato greenhouse production. 1. Model description and parameters adjust. TERRA.
- FAOSTAT. 2011. Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de tomate. De: faostat. fao. Org. Disponible en: <http://faostat3.fao.org>
- FAO, 2005. Gerencia de inteligencia de mercados sub-gerencia Mercado al exportador. Disponible en: https://www.ceird.gov.do/ceird/estudios.../productos_organicos.pdf
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura), 2000. La iniciativa de inocuidad alimentaria, contenido e implaciones para los Productores Mexicanos. Boletín Informativo, núm 314, vol. XXXII. Abril. México.

- Flores, J., W. Bustamante, O., López, I., Rojano, A., and Salazar, I.. 2007. Water requirements for greenhouse tomato. *TERRA LATINOAMERICANA* 25(2): 127-134.
- Fynn, R.P., W.L. Roller and H.M. Keener. 1989. A decision model for nutrition management in controlled environment agriculture. *Agricultural Systems* 31: 35-53.
- García F. J. 1980. Fertilización agrícola segunda edición. Editorial AEDOS. España.
- García, L´B., Olivares, S. E., Ojeda, Ma. C., Vázquez, A. R., Valdés., L. C. 2009. Biorreguladores de crecimiento y fertilizantes orgánicos en tomate (*Lycopersicon Mill.*) de invernadero. xxx ciclo de seminario de posgrado e investigación. 34 p.
- Gaspar K. U. J. 2008. Actitud antimicrobiana de extractos de Orégano (*Lippia graveolens*) contra organismos Fitopatogenos. Tesis de Ingeniería de Invernaderos. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro.
- Granados, H. 2013 Factores nutricionales que determinan el comportamiento productivo del aguacate (*Persea americana mil*) Cv. Lorena en San Sebastián de Mariquita en el departamento de Tolima, Colombia. P.40.
- Gutiérrez, C.M.A. 1995. Nutricin vegetal y uso de fertilizantes. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregon, Son. 115 p.
- Gutiérrez, M. A., Trejo, L. C.; Larqué, S., A. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybeans. *Plant Physiol. Biochem.* 36: 563–565.
- Horticom, 2014. Viveralia. Disponible en: www.horticom.com/tematicas/cultivosinsuelo/.../soluciones_nutritivas.pdf Consultado el 29 de Noviembre del 2014.
- HydroEnvironment, 2014. Guía para el cultivo del jitomate Hidropónico. Disponible en: http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=49&chapter=4 Consultado el 29 de Noviembre del 2014

- Imexcor. 2011. Fertilizantes foliares, la mejor tecnología en nutrición vegetal del futuro. Disponible en: www.imexcor.com. Consultado en 18 de febrero del 2015.
- INEGI 2002 (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). Banco de Información Electrónica. México. DF. Disponible en: [www.inegi.gob.mx/.../bvinegi/.../2002/AEEUM%202002%20\(parte%201\)](http://www.inegi.gob.mx/.../bvinegi/.../2002/AEEUM%202002%20(parte%201)) Consultado el 26 de Noviembre del 2014
- Infoagro, 2014. El cultivo del tomate. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>. Consultado el 20 Noviembre del 2014
- Intagri, 2014. Las soluciones nutritivas para cultivos protegidos. http://www.intagri.com.mx/noticia_14.html. Consultado el 22 de Noviembre del 2014
- Jaramillo, N. J., Rodríguez, V. P., Guzmán A, M., Zapata, M. A., 2006. Boletín técnico # 21. El cultivo del tomate bajo invernadero. P, 12.
- Jaramillo, J.; Rodríguez V. P.; Guzmán, M.; Zapata, M.; Rengifo, T. (2007). Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Manual Técnico. Mana, Corpoica, C.I. La Selva. FAO. Medellín, Colombia. 314 p.
- Juárez, L. P, R., Castro, B., T. Colinas L., Ramírez, P., Sandoval, M., Reed, D., Cisneros, L., King, S. 2009. Evaluación de calidad de frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). Rev. Chapingo S. Hort. 15:5–9.
- Juárez, M.2008. Hierro en el Sistema suelo-planta. Dpto. Agroquímica y bioquímica. Facultad de ciencias. Universidad. Universidad de Alicante. 03080. Alicante. 30: 2-5.
- Latimer, J.G. 1992. Drought, paciobutrazol, abscisic acid, and gibberellic acid as alternatives to daminozide in tomato transplant production. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 243 – 247.

- Lombricultura, 2014. Nutrición Orgánica de Suelos. www.lombricultura.cl/.../Nutricion%20Organica%20de%20Suelos.pdf. Consultado en 22 de Noviembre del 2014
- López, T. R., Camacho, R. V., Gutiérrez. C. M. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. *Terra Latinoamericana* 16: 43–48.
- Mandujano M, Colinas Ma., Castillo A, Tejacal I., Valdéz L. A. 2012. Cobalto como retardante de la senescencia de *Lilium* híbrido oriental en postcosecha. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. Vol. 18 núm. 2.
- Mariani, S., Podversich, R., Grosso J.L., León, C. (2010) Ensayo de cultivares de tomate bajo condiciones agroecológicas. Disponible en: <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/TAB4003236/MONOGRAFIA%20TOMATE2010.PDF>. Consultado el 28 de Noviembre del 2014.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2ª ed. Academic Press. San Diego, CA, EEUU. 889 pp.
- MayerWaren, 2014, Miguladores Bio Reguladores Minerales. Disponible en: <http://www.mayerwaren.com/miguladores.html>. Consultado el 26 de Noviembre del 2014.
- MayerWaren, 2014. IPUSagro Quattro P400 - Fertilizante Foliar. Disponible en: www.mayerwaren.com/fertilizante-foliar.html. Consultado el 26 de Noviembre del 2014.
- MayerWaren, 2014. IPUSagro B100 - Mejoradores de suelos. Disponible en: <http://www.mayerwaren.com/mejorador-de-suelos.html>. Consultado el 26 de Noviembre del 2014.
- MÉXICOPRODUCE, 2012. Productos: Jitomate. Disponible en: <http://www.mexicoproduce.mx/productos.html#jitomate>. Acceso el 23 de Enero del 2013.
- Morato, J.V. 1992. *Horticultura herbecía especial*. Editorial Mundiprensa 3ª Ed. Madrid pp 335 – 367.

- Nuez, F. 2001. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi Prensa. Bilbao España. p. 538.
- Nuez, V., F. 1995. Situación Taxonómica, domesticación y difusión. P. 13. Cultivo moderno del tomate.
- Nuez, F. 2001. El Cultivo del Tomate, 1ª Edición 1995, Reimpresión 2001, Ediciones Mundi-Prensa, España, Barcelona: 15-41, 45-87, 95-128, 191-203, 229-239, 254-308, 313-348, 627-659, 673-663, 743-766.
- Quero, E., 2008. Silicio en la producción de chile. Consultado el 15 de Junio del 2013. Portal de Silicio en los Sistemas Biológicos. Motorizado por Joomla!. Disponible en: http://loquequero.com/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=2
- Korndörfer, G. H. & Datnoff. L. E. 2004. "Efeito do Silicio no Crescimento e Produtividade das Culturas". [En línea] *Silicio na Agricultura* Instituto de Ciencias Agrarias, Univesidade Federal de Uberlandia. Disponible en: <http://sifertilizer.com>. Citado en 11 de febrero del 2015.
- Ocaña-Romo, C.R. 2008. En crecimiento. Desarrollo de Invernaderos en México. Disponible en: www.hortalizas.com. Consultado el 23 de octubre de 2010.
- Perea, 2009. Invernaderos y Riego. Aun con crisis seguirá creciendo superficie de invernadero. La Imagen Agropecuaria Núm. 1. www.imagenagropecuaria.com. Consultado el 23 de octubre de 2010
- Polania, F. F. 2001. Funciones del fosforo en las plantas. TECNI-FENALCE. Boletín informativo de la subgerencia técnica. No. 3. Año. 3.
- Poontaringa, H. et al. 2003. Salinity effects on antioxidant enzymes in mulberry cultivar. *ScienceAsia*. 29:10
- Producción. 2010. Suelos: El azufre como nutriente para las plantas. Revista Producción. Disponible en: http://www.produccion.com.ar/1999/99jul_10.htm

- Promix. 2010. La función del cobre en las plantas. Disponible en: www.pthorticulture.com/.../la-funcion-del-cobre-en-el-cultivo-de-plantas. Consultado el 18 de febrero del 2015.
- Quero, G. E. 2008. Silicio en la producción agrícola. Disponible en: http://loquequero.com/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=2. Consultado el 13 de febrero del 2015
- RAFFO A., LA MALFA G. FOGLIANO V., MAIANI G., QUAGLIA G. 2006. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1), en: Journal of Food Composition and Analysis. Vol. 19, pp. 11-19.
- Ramírez, C. F. 2013. Funciones y síntomas de deficiencia en las plantas. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia.
- Rincón, S. L. 1997. Características y manejo de sustratos inorgánicos en fertirrigación. I Congreso Ibérico y III. Nacional de fertirrigación. Murcia, España.
- Rodríguez, p. A. 1982. Fertilizaciones, Nutrición Vegetal 1ª Edición, S.A. México. D.F.
- Rodríguez, R. R.; Tabares, R. J. M.; Medina S. J. A; 2001. Antecedentes. P. 13. Cultivo moderno del tomate.
- SAGARPA, 2012. Agricultura Protegida 2012. <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/AgriculturaProtegida2012.aspx> Consultado el 26 de enero de 2013.
- Sánchez Del. C. F., 2001. Producción de hortalizas basada en doseles escaleriformes. Sexto Simposium internacional de fertirriego. Morelia, Michoacán.
- Sánchez, E., Barrera, R., Muñoz, E., Ojeda, D., Anchondo, A. 2011. Efecto de AS sobre biomasa, activa fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. Rev. Chapingo ser. Horticultura vol. 17 spe.1 chapingo ene. 2011.

- Santiago J, Mendoza M y Borreg F. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum, mil*) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía mesoamericana* 9(1): p 59-65.
- Scribd, 2014. MANUAL PARA LA PREPARACION DE SOLUCIONES NUTRITIVAS. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/202052346/Manual-Soln-Nutritivas>. Consultado el 39 de Noviembre del 2014.
- Scribd, 2014. Agricultura Orgánica. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/217004537/Libro-de-Agricultura-Organica-TERCERA-PARTE-2010>. Consultado en 28 de Noviembre del 2014.
- Senasica, 2014. La Certificación de Inocuidad Agroalimentaria En México. Disponible en: <http://senasicaw.senasica.sagarpa.gob.mx/portal/html>. Consultado el 28 de Noviembre del 2014.
- Smart. 2014. Smart Fertilizacion Inteligente. Nutrición vegetal. Disponible en: <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/calcio-en-plantas>. Consultado el 17 de febrero del 2015.
- Steiner A.A. (1961) A Universal Method for Preparing Nutrient Solutions of a Certain Desired Composition. *Plant soil*. 15: 134-154.
- Steiner A.A. (1968) Soilless culture. En Proc. 6TH *Colloq. Int. Potash Inst.* Florence, Italy. pp. 324-341.
- Steiner A.A. (1984) The Universal Nutrient Solution. En Proc. 6TH *Int. Cong. Soilles Cult.* pp. 633-649.
- Sultana, B., Anwar, F., y Ashraf, M. 2009. Effect of Extraction Solvent/Technique on the Antioxidant Activity of Selected Medicinal Plant Extracts *Molecules* 14, 2167-2180.
- Telesinski, A. et al. 2008. Effect of soil salinity on activity of antioxidant enzymes and content of ascorbic acid and phenols in bean (*Phaseolus vulgaris L.*) plants. *J. Elementol.* 13 (3): 40

- TETRA. 2004. The Importance of Calcium. TETRA Technologies, Inc.
Disponible en: <http://www.tetratec.com/agriculture>. Consultado el 18 de febrero del 2015.
- Valadez, L. A. 1994. Producción de hortalizas. Editorial Limusa. México. D.F...
197-211.
- Valadez, L. A. 1997. Producción de Hortalizas. México. Ed. Limusa. Tercera edición.
- Verkerk, K. 1975. Temperature lighth and the tomato. Meded. Landbouw Hogeschool Wageningen, 55: 175-224.