

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Producción y Calidad de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con Dos Sistemas de Poda Bajo Agricultura Protegida

Por:

GENARO PÉREZ JIMÉNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Producción y Calidad de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con Dos Sistemas de Poda Bajo Agricultura Protegida

Por:

GENARO PÉREZ JIMÉNEZ

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dra. Martha Gómez Martínez
Asesor Principal Interno

Dr. David Sánchez Aspeytia
Asesor Principal Externo

Dra. Susana Gómez Martínez
Coasesor

Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor

Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2021

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Genaro Pérez Jiménez

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Sr. Armando Pérez López. Gracias por el apoyo incondicional proporcionado durante mi formación académica, estoy agradecido por tus sabios consejos, los ejemplos, los sacrificios, los valores y las palabras de aliento que me brindaste desde que era niño y hoy se ve reflejado por hacer de mí un hombre de bien. Comparto con mucho cariño y amor este logro contigo.

Sra. Carmen Jiménez Pérez. Con mucho amor comparto este logro contigo, las palabras no me alcanzarían para agradecerte todo el amor de madre que me has brindado y, sobre todo, las lágrimas y los abrazos bien dados cada vez que salgo y regreso de casa. Desde niño me forjaste a ser un hombre de bien y hoy estoy muy orgulloso de tus sacrificios, tus desvelos, tus consejos, tu amor de madre y tus cuidados que me ayudaron a afrontar los obstáculos de la vida, gracias por todo, te amo mamá.

A MIS HERMANOS

Javier y Carlos. Por ser muy buenos hermanos, gracias por el apoyo que me brindaron, los momentos de alegría que compartimos y sobre todo por acompañarme en cada una de mis metas, hoy con todo orgullo compartimos a uno de mis metas cumplidas.

A MIS HERMANAS

María Leticia, Hortensia, Fernanda y Reynalda. Agradezco todas las palabras de ánimo y de aliento que me dieron cada vez que salía de casa y por lo buenos momentos que disfrutamos en casa.

A MIS CUÑADAS

Margarita y Juliana. Gracias por el apoyo que me brindaron desde el comienzo de este sueño, hoy comparto con ustedes con mucho cariño este logro muy importante en mi vida.

A MIS AMIGOS

José Armando, José Manuel, Otoniel, Roberto, Francisco Javier Ventura, Francisco Javier Nájera, Rodrigo y Raúl. Gracias por los buenos momentos que compartimos en el transcurso de este sueño y les deseo todo lo mejor, espero compartir más tiempo con ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater. La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme aceptado para formar parte de su comunidad estudiantil, por brindarme los conocimientos de mi formación académica y por todos los momentos que disfruté durante mi estancia como estudiante.

Al Dr. David Sánchez Aspeytia. Por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de investigación en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Saltillo (INIFAP-CESAL), por su tiempo y apoyo en la revisión de esta tesis.

A la Dra. Martha Gómez Martínez. Por su tiempo, esfuerzo y apoyo incondicional en la revisión de este trabajo de investigación, por ser una de las mejores maestras en la universidad, por trasmitirme sus conocimientos, por brindarme sus valiosos consejos y atención a mi persona.

A la Dra. Susana Gómez Martínez. Por su comprensión, tiempo y dedicación en la revisión del presente trabajo de investigación, por sus consejos y apoyo como Jefa del Programa Docente de la Carrera Ingeniero Agrónomo en Producción.

Al Dr. Antonio Flores Naveda. Por formar parte del comité de asesoría y por su valiosa aportación para la revisión de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	<i>Página</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XII
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General	2
Objetivos Específicos.....	2
Hipótesis	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Origen	3
Taxonomía	3
Morfología de la Planta de Tomate	4
Raíz	4
Tallo	4
Hojas	4
Flores	4
Fruto	5
Importancia Económica del Tomate	5
Producción Nacional	5
Producción Mundial.....	7
Valor Nutricional.....	8
Manejo Agronómico	9
Preparación de la Unidad de Producción.....	10
Siembra en Almacigo	10
	VI

Trasplante	10
Manejo de la Planta	10
Polinización	13
Riego y Fertilización	13
Cosecha.....	13
Producción de Tomate en Invernadero	14
Ventajas y Desventajas.....	14
Manejo del Clima	15
Sustratos	16
Fibra de Coco	16
Plagas y Enfermedades	17
Principales Plagas	17
Principales Enfermedades.....	18
MATERIALES Y MÉTODOS	21
Ubicación del Sitio Experimental	21
Material Genético.....	21
Metodología	21
Producción de Plántula	21
Trasplante	22
Fertilización	22
Riego.....	23
Tutorado	23
Poda.....	24
Deshojado	24
Raleo de Frutos	24
Polinización.....	25
Despunte	25
Control de Plagas y Enfermedades	25
Cosecha.....	27

VARIABLES DE RESPUESTA	27
Altura de Planta (AP).....	27
Clorofila (CL).....	27
Número de Frutos por Planta (NFP)	27
Peso Promedio del Fruto (PPF).....	28
Diámetro Ecuatorial (DE) y Diámetro Polar (DP).....	28
Grados Brix (GB).....	28
Rendimiento (REND).....	28
Diseño Experimental.....	29
Análisis Estadístico	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
Altura de Planta	30
Clorofila	32
Número de Frutos por Planta	35
Peso del Fruto	36
Diámetro Ecuatorial y Diámetro Polar	38
Grados Brix.....	41
Rendimiento	42
CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro</i>		<i>Página</i>
<i>No.</i>		
1	Valor nutricional del tomate por cada 100 g.....	9
2	Ventajas y desventajas de la producción de tomate bajo invernadero.....	14
3	Temperaturas máximas y mínimas del cultivo de tomate en las diferentes etapas fenológicas.....	15
4	Fuentes de fertilizantes para la solución A (macronutrientes)	22
5	Fuentes de fertilizantes para la solución B (micronutrientes).....	23
6	Productos químicos aplicados a la línea INI-01-15 de tomate bola ciclo primavera-verano 2019.....	26
7	Cuadrados medios de los análisis de varianza de altura de planta de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	30
8	Medias de la altura de planta de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	31
9	Cuadrados medios de los análisis de varianza de clorofila de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	33
10	Comparación de medias del contenido de clorofila en la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	34
11	Cuadrados medios de los análisis de varianza de número de frutos por plantas de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	35

12	Medias del número de frutos por planta de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	36
13	Cuadrados medios de los análisis de varianza de peso promedio del fruto de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	37
14	Comparación de medias del peso promedio del fruto de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	38
15	Cuadrados medios de los análisis de varianza de diámetro ecuatorial de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	38
16	Cuadrados medios de los análisis de varianza de diámetro polar de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	39
17	Medias del diámetro ecuatorial de los frutos de tomate de la línea INI-01-15 bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020..	39
18	Medias del diámetro polar de los frutos de tomate de la línea INI-01-15 bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	40
19	Cuadrados medios de los análisis de varianza de grados brix de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	41
20	Medias de Grados Brix de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	42
21	Cuadrados medios de los análisis de varianza de rendimiento de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	43
22	Comparación de medias del rendimiento de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura</i>		<i>Página</i>
<i>No.</i>		
1	Principales entidades federativas de producción de tomate rojo, ciclo O-I 2018-2019.....	6
2	Principales estados productores de tomate rojo ciclo P-V 2019.....	7
3	Principales países productores de tomate 2017.....	8
4	Altura de planta en la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda.....	32
5	Contenido de clorofila (SPAD) en la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda en cinco evaluaciones.....	34

RESUMEN

Producción y Calidad de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con Dos Sistemas de Poda Bajo Agricultura Protegida

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las especies hortícolas económicamente más importante por la gran cantidad de empleos que genera en el mercado nacional e internacional. La poda es una de las prácticas que se realizan para incrementar la calidad y producción de tomate. El objetivo de la investigación es determinar el mejor sistema de poda en la producción y calidad del fruto de tomate bajo condiciones de invernadero.

El trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Saltillo (INIFAP-CESAL). El experimento se estableció bajo condiciones de invernadero para determinar el mejor sistema de poda: a uno y dos tallos en la producción y calidad del fruto de tomate en la línea INI-01-15. Se trasplantaron 54 plantas el día 26 de junio de 2020 a una distancia entre plantas de 0.65m en fibra de coco, se evaluaron las siguientes variables de respuesta: altura de planta, clorofila, peso promedio de frutos, número de frutos por planta, diámetro ecuatorial y polar, grados brix y rendimiento. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con dos tratamientos y tres repeticiones. Para el análisis de las variables se utilizó el paquete estadístico SAS, donde se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias mediante Tukey ($p < 0.05$).

No se detectaron diferencias significativas entre los dos sistemas de poda. Sin embargo, las variables clorofila, peso del fruto y rendimiento presentaron una mejor respuesta cuando las plantas fueron conducidas y podadas a un tallo. El contenido de clorofila y grados brix disminuyeron conforme avanza el estado fenológico de la planta.

Palabras claves: *Solanum lycopersicum*, Rendimiento, Poda, Clorofila, Grados brix.

INTRODUCCIÓN

La producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en México es de gran importancia, tanto en campo abierto como bajo condiciones protegidas. La segunda ofrece las ventajas de controlar los factores bióticos y abióticos que intervienen en el desarrollo de las plantas y por ende aumentar la producción. El 70% de los cultivos que se producen bajo condiciones protegidas pertenecen al tomate, y desde el punto de vista económico este cultivo es una de las especies hortícolas más importante de México, debido a su alta cotización en el mercado nacional e internacional y la demanda de mano de obra que genera. Considerando la importancia que tiene el tomate en el mercado nacional e internacional es muy importante realizar un manejo eficiente y adecuado en el sistema de producción en que se desarrolla, por lo que se requiere conocer los factores que condicionan el potencial de producción de este cultivo, en especial el rendimiento y la calidad.

La producción de tomate en condiciones protegidas en especial en invernaderos, ofrece ventajas significativas en comparación con la producción a cielo abierto, porque permite aislar el ambiente exterior y establecer las condiciones óptimas (temperatura, radiación, concentración de CO₂, humedad relativa, etc.) para el buen desarrollo de las plantas. Los consumidores de tomate en México y en otros países del mundo adquieren el producto en diferentes presentaciones, dentro de los cuales se destacan: el consumo de tomate en fresco y el consumo de productos industrializados. Los cambios y costumbres de las personas representan constantes retos para el sector, ya que los consumidores exigen calidad en la venta de tomate fresco y productos derivados de este cultivo.

Una de las estrategias para aumentar el rendimiento y la calidad del tomate es la poda, esta práctica pretende mantener en equilibrio a la planta en su etapa vegetativa y reproductiva, a fin de obtener precocidad, calidad, y por ende, una

mayor producción. La poda se realiza en variedades de crecimiento indeterminado, a los 15 o 20 días se eliminan los primeros tallos laterales (chupones) y las hojas viejas, mejorando la aireación y una eficiente distribución de sus requerimientos nutricionales para la elaboración de fotosintatos. De igual importancia es determinar el tipo de poda a utilizar: uno o dos tallos. Esta práctica en tomate promueve un desarrollo adecuado de las plantas, ayudan a tener un crecimiento uniforme y facilitan el manejo de las mismas, tanto durante el desarrollo como en la cosecha.

Objetivo General

Determinar el mejor sistema de poda en la producción y calidad de fruto de tomate en invernadero.

Objetivos Específicos

- Evaluar el rendimiento en la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda.
- Evaluar el crecimiento y calidad del fruto de tomate en los dos sistemas de poda.

Hipótesis

El sistema de producción de poda a dos tallos de tomate de tipo indeterminado permite obtener una mayor cantidad de frutos y por ende un mayor rendimiento.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta originaria del sur de América, en la región de los Andes, que comprende los países de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. Existe cierta controversia, sobre el lugar donde se llevó a cabo su domesticación, pero la hipótesis más aceptada es que ocurrió en el sur de México (Juárez *et al.*, 2012).

Taxonomía

La clasificación taxonómica de la planta de tomate de acuerdo a Navarro-Lara (2011), se presenta a continuación:

Reino: Vegetal

Clase: Dicotiledónea

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Género: *Solanum*

Epíteto específico: *lycopersicum*

Especie: *Solanum lycopersicum*

Nombres comunes: jitomate y tomate

Morfología de la Planta de Tomate

Raíz

El sistema radicular de esta planta es amplio y está formado por una raíz principal pivotante con una profundidad que oscila entre 50–60 cm, con presencia de numerosas raíces secundarias y adventicias que surgen de la base del tallo (Sañudo, 2013).

Tallo

El tomate presenta un tallo herbáceo, con un grosor de 2 a 4 cm en su base, se desarrollan hojas, tallos secundarios e inflorescencias. Su estructura de afuera hacia dentro, consta de epidermis de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o córtex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular (Jano, 2006).

Hojas

Las hojas del tomate son pinnadas, compuestas, con folíolos de forma lobulados, con presencia de pelos glandulosos, de bordes dentados, presenta color verde intenso en el haz y verde claro en el envés, y en sus axilas desarrolla una serie de yemas llamados chupones o tallos laterales (Sañudo, 2013).

Flores

La flor de tomate es perfecta, regular e hipógina y consta de cinco o más sépalos, igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos en forma helicoidal (Jano, 2006). El androceo tiene cinco o más estambres adheridos a la corola y el gineceo presenta de dos o seis carpelos que posteriormente darán origen a los lóculos (Rodríguez y Tavares, 2001).

Fruto

Jano (2006), describe al fruto del tomate como una baya en forma bi o plurilocular con un peso que va desde unos pocos mg hasta 600 g. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas.

Importancia Económica del Tomate

Juárez *et al.* (2012) reportan que el cultivo de tomate en México es de gran importancia, ya que el 70% de los cultivos que se producen bajo condiciones protegidas corresponde a este cultivo. Además, Martínez *et al.* (2016) mencionan que la demanda aumenta continuamente y con ello su producción y comercialización.

De acuerdo con los datos proporcionados por los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), el cultivo del tomate rojo es el cuarto en importancia por su contribución en el valor de la producción agrícola primaria en México. En 2017 ocupó el 4.3% del total de la producción, después del maíz (17.1%), el aguacate (6.8%) y la caña de azúcar (6.5%) (FIRA, 2019).

Producción Nacional

Berrospe *et al.* (2015) mencionan que los híbridos comerciales tipo bola, saladette y cherry son la principal fuente de producción de tomate en México, y provienen de materiales mejorados que presentan buenas características agronómicas y alta calidad de fruto. Los datos proporcionados por el SIAP (2020), clasifican la producción de tomate en México de acuerdo al ciclo cosechado:

En el ciclo otoño-invierno (2018-2019), la producción acumulada fue de 1, 336 221 t con una superficie cosechada de 22, 060 ha. Los estados con mayor superficie cosechada son: Sinaloa (11,305 ha), Michoacán (1,502 ha) y Sonora (1,324 ha); lo que representa el 64.1% de la superficie nacional.

En la Figura 1 se presenta la producción total (t) de los principales estados productores de tomate en México para el ciclo O-I 2018-2019.

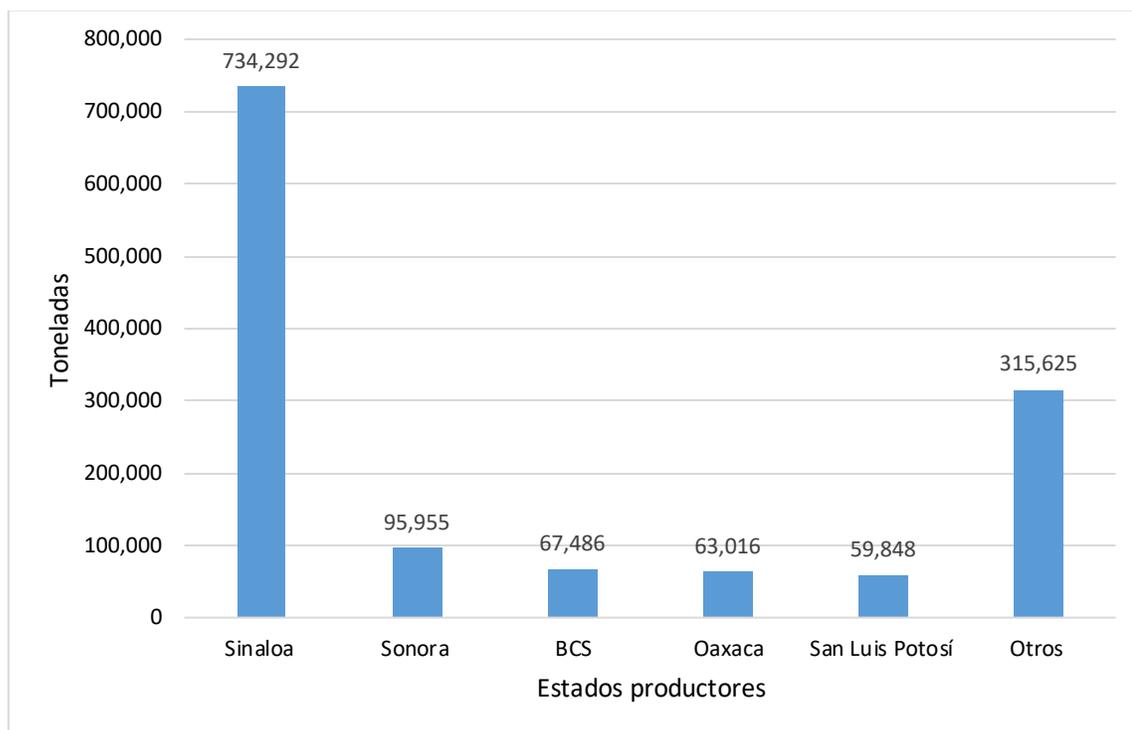


Figura 1. Principales entidades federativas de producción de tomate rojo, ciclo O-I 2018-2019.

Para el ciclo primavera-verano 2019, el tomate rojo alcanzó una producción de 1,902,276 t. La superficie total cosechada fue de 23,284 ha. Las entidades federativas con mayor producción son: Michoacán 23,797 (12.6%), Durango con 19,398 t (60.8%), Coahuila 11,120 t (10.2%) y Baja California 9,616 t (10.4%). San Luis Potosí es el estado mexicano con mayor producción de tomate rojo para el ciclo primavera-verano 2019 con 318,680 t (Figura 2).

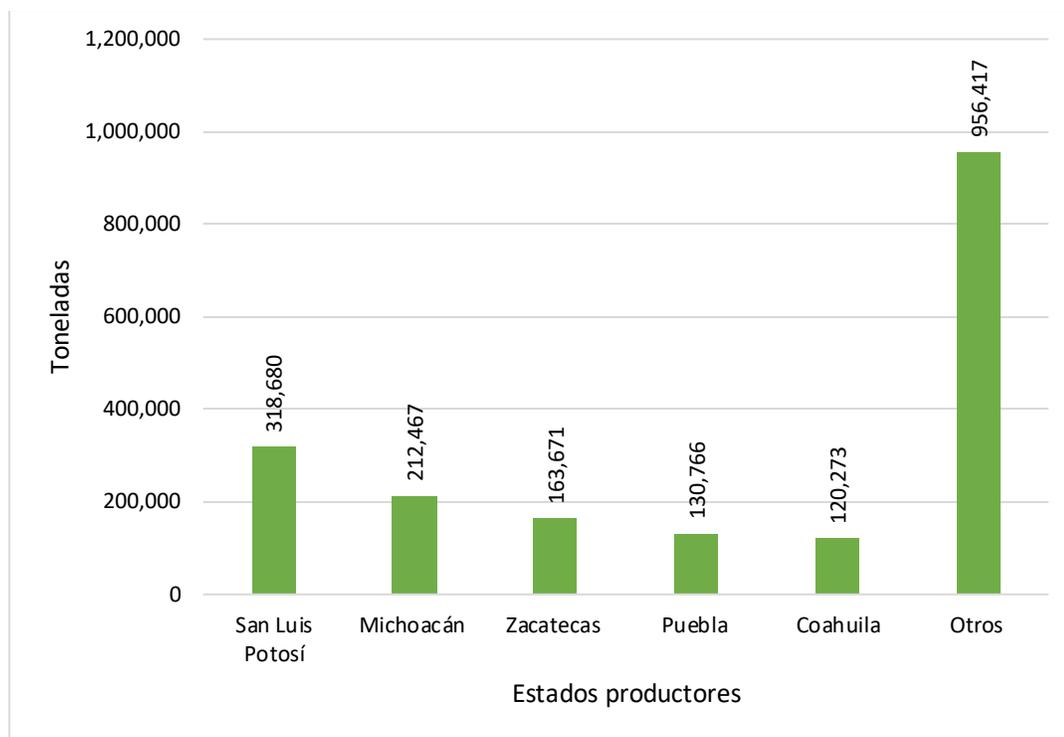


Figura 2. Principales estados productores de tomate rojo ciclo P-V 2019.

Producción Mundial

La demanda de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) aumenta considerablemente y con ello su producción y comercialización, ya que es una de las especies hortícolas más cultivadas a nivel mundial (Martínez *et al.*, 2016). De acuerdo con la información de Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), el 57.4% de la superficie cosechada en 2017 se concentró en cinco países: China (21.2%), India (16.4%), Nigeria (12.2%), Turquía (3.9%) y Egipto (3.8%). México ocupó la onceava posición mundial, con una participación de 1.9%.

De acuerdo a FIRA (2019) la producción mundial de tomate en ese mismo año alcanzó 182.3 millones de toneladas, el 61% de la producción total se concentró en cinco países: China (32.6%), India (11.4%), Turquía (7%), EU (6%) y Egipto (4%). México ocupó la novena posición con un 2.3 % (Figura 3).

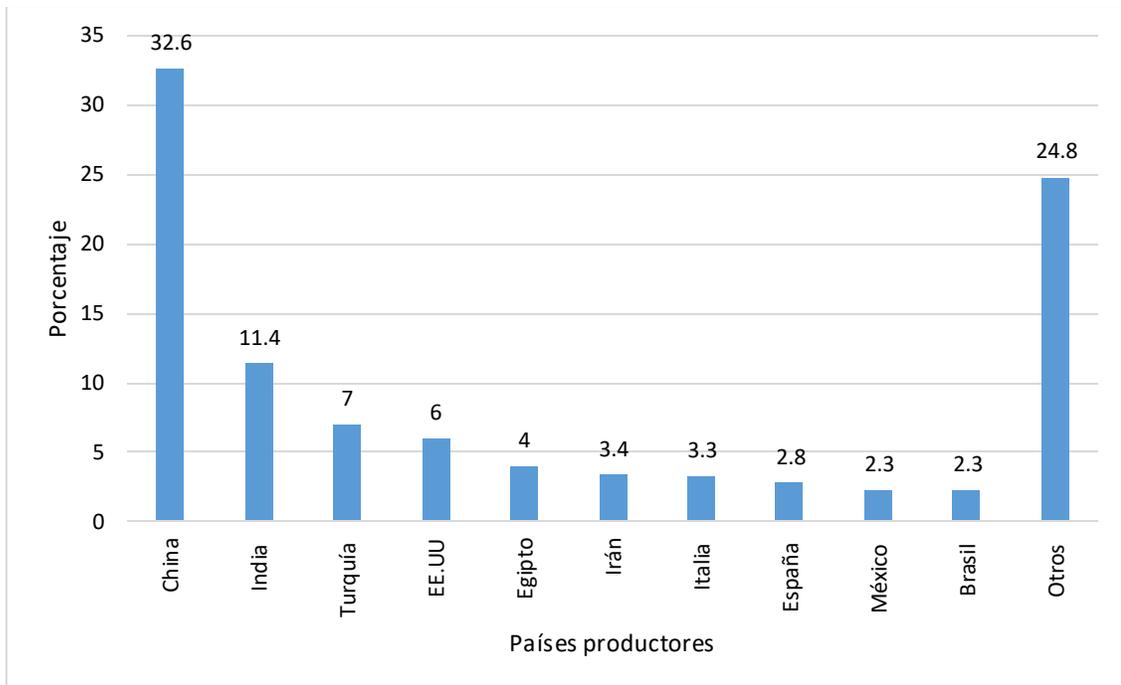


Figura 3. Principales países productores de tomate 2017.

Valor Nutricional

Uno de los principales retos de la investigación es el incremento de la producción y calidad de los productos agrícolas, ya que el rendimiento de las hortalizas y las propiedades nutraceuticas de sus frutos son bajos tanto en los sistemas de producción a cielo abierto, como bajo condiciones protegidas (López-Elías *et al.*, 2011).

El tomate es una de las hortalizas más cultivadas en diversos climas y regiones del mundo, debido a la gran cantidad de cualidades nutricionales y organolépticas (Cuadro 1). Presenta una amplia variedad de tamaños, formas, colores y sabores (Limagrain, 2010).

Cuadro 1. Valor nutricional del tomate por cada 100 g.

Contenido	Cantidad
Agua	93.50
Calorías	20.00
Colesterol	00.00
Proteínas	1.00 g
Grasas	0.20 g
Carbohidratos	4.30 g
Fibras	0.47 g
Vitamina A	820.00 IU
Vitamina C	21.00 mg
Tiamina	0.05 mg
Riboflavina	0.04 mg
Niacina	0.60 mg
Calcio	12.00 mg
Fósforo	25.00 mg
Hierro	0.50 mg
Sodio	3.00 mg
Potasio	222.00 mg
Ácido fólico	39.00 mg
Vitamina E	0.90 mg
Licopeno	3.10 mg

Fuente: FAO, 2010.

Manejo Agronómico

INIFAP (2013), menciona que el manejo agronómico del cultivo de tomate se realiza con base en los requerimientos y los mecanismos de control de la planta, del entorno en que crecerá y de las interacciones que se establecen ante las fluctuaciones ambientales.

Preparación de la Unidad de Producción

Para la producción de tomate bajo condiciones protegidas, se requiere de una serie de elementos básicos para un crecimiento adecuado de las plantas, principalmente relacionado con la estructura, la cubierta de la misma, el sistema de riego y el sustrato a utilizar.

Siembra en Almacigo

El éxito de la producción en la agricultura protegida radica en el manejo del almacigo y el proceso de trasplante. Para el buen funcionamiento de un almacigo es necesario considerar la estructura, el sustrato a utilizar, el tratamiento de las charolas, la siembra y el manejo. Después de la elección del tipo de sustrato, se procede a colocar las semillas de tomate en el almacigo.

Trasplante

El trasplante se recomienda cuando las plántulas de tomate alcanzan una altura de 10 a 13 cm y un diámetro de cuello de 2 a 3 mm, se realiza aproximadamente de los 22 a 27 días después de la siembra.

Manejo de la Planta

Para obtener un buen desarrollo de las plantas es necesario realizar un manejo adecuado después del trasplante hasta la cosecha, las prácticas agronómicas ayudan a las plantas a tener un crecimiento homogéneo, mejorar la calidad y el tamaño de los frutos.

Tutorado

El tutorado consiste en guiar la planta para evitar que las hojas y los frutos tengan contacto con el suelo, con esto se favorece la aireación del cultivo, se aprovecha mejor la radiación solar, evita daños mecánicos a las plantas, facilita las labores culturales y la cosecha de los frutos. Este manejo contribuye a un buen estado sanitario de la planta.

Poda o Desbrote

Esta práctica se realiza en variedades indeterminadas y consiste en dejar uno o varios tallos, eliminando los brotes, hojas, frutos y los chupones que por su desarrollo excesivo apenas fructifican (Mármol, 1995).

Corrella *et al.* (2013) reportan que las podas en tomate contribuyen al buen desarrollo de las plantas, crecen de una manera uniforme, distribuyen mejor sus nutrientes y facilitan el manejo de las mismas, tanto durante el desarrollo del cultivo como en la cosecha, lo que resulta en frutos de mayor calidad y un aumento en el rendimiento.

Objetivo de la Poda

El objetivo de la poda es mantener en equilibrio a la planta en la etapa vegetativa y reproductiva, a fin de estimular precocidad, calidad y por ende, una mayor producción. Es necesario considerar que estos objetivos estarán siempre limitados por la fisiología de la planta (Mármol, 1995).

Tipos de Poda

De acuerdo a Mármol (1995), los tipos de poda que se realizan en el cultivo de tomate durante la etapa vegetativa y reproductiva son los siguientes:

- a) Por el objetivo que se persigue

Poda de Formación. Se dirige principalmente a conformar la planta, de acuerdo con el número de tallos que se desean. Los brotes en las axilas de las hojas comienzan a manifestarse cuando florece el primer racimo floral, y la dominancia apical disminuye. En este momento se eliminan todos los brotes por debajo del racimo floral. Vera *et al.* (2015) señalan que esta práctica se debe realizar a los 15-20 días después del trasplante, para que la planta mejore el flujo de fotosintatos asimilados hacia el ápice terminal, el tallo, las raíces y los racimos con frutos. Así mismo, es necesario determinar el número tallos que se van a dejar por planta. Las podas de uno o dos tallos son las más utilizadas (Garza y Molina, 2008).

Poda de Producción. El objetivo de este tipo de poda es mantener la forma de la planta, regulando su producción. Para ello se deberá mantener un equilibrio entre el sistema radicular y la actividad de las hojas.

Poda de Regeneración. Tiene como principal objetivo hacer brotar de nuevo la planta, este tipo de poda se utiliza cuando la planta se encuentra en decadencia tras las últimas cosechas.

b) Por los órganos que se suprimen

Poda de Hojas. Consiste en eliminar las hojas que se encuentran abajo del racimo, pero depende de otros factores como: desarrollo foliar excesivo, presencia de alguna enfermedad o que sea fuente de inóculo. Se debe cuidar que la eliminación de hojas no provoque desequilibrio en la planta.

Poda o Aclareo de Flores. Se realiza para limitar el número de frutos, aunque en el cultivo de tomate no es muy habitual realizar esta práctica.

Aclareo de Frutos. En esta práctica se eliminan frutos cuajados recientemente, para evitar el efecto de competencia, y de esta forma aumentar y homogenizar el tamaño de los frutos. Se consideran dos tipos de raleo de frutos: uno que se deja el mismo número de frutos en el racimo y en el otro solo se eliminan los frutos deformados, picados por insectos o que no tienen el tamaño adecuado.

Poda de Yemas y Brotes Terminales. Tiene como objetivo eliminar la dominancia de la yema terminal para que se paralice el crecimiento del tallo objetivo y beneficiar a otras yemas de interés. El corte se realiza en el extremo del tallo o por debajo de una yema.

Destallados. Consiste en la supresión de brotes en el tallo principal mediante el corte total de dichos brotes. La práctica consiste en dejar uno o varios tallos en la planta eliminando los brotes que salen de los tallos principales.

Polinización

Existen varios factores que afectan una polinización adecuada: temperaturas extremas (inferiores a 13°C y superiores a 35°C), falta de viento, luminosidad limitada, estrés hídrico y exceso de nitrógeno. Es importante identificar cuál de estos factores inhibe el cuajado de frutos, para solucionar el problema.

Riego y Fertilización

Para obtener altos rendimientos en el cultivo de tomate, es importante considerar un uso eficiente del agua y nutrientes ya que una deficiencia en su manejo repercute en una disminución en los rendimientos.

La planta presenta una demanda de agua variable, se considera que en condiciones óptimas de humedad ambiental y temperatura, una planta consume mínimo de 0.4 L día⁻¹ en la fase de desarrollo vegetativo, 0.8 L día⁻¹ en la etapa de floración, 1.0 L día⁻¹ durante la fructificación, y de 1.5 L día⁻¹ en la maduración de frutos (INIFAP, 2013).

En cuanto a la nutrición, es muy importante la relación nitrógeno:potasio (N:K) a lo largo del ciclo del cultivo, en el periodo de establecimiento hasta la floración la relación suele ser de 1:1, en la etapa de recolección puede cambiar hasta 1:2. El potasio juega un papel fundamental en la maduración del fruto, el fósforo en la etapa de enraizamiento y floración, el calcio es vital para evitar la necrosis apical. Los microelementos esenciales en el cultivo de tomate son el hierro para coloración de frutos, y en menor cantidad se encuentra el manganeso, zinc, boro y molibdeno (FAO, 2010).

Cosecha

La cosecha depende de la demanda del mercado, pero por lo general inicia a partir de la formación del décimo simpodio, cuando los frutos del primer racimo alcanzan su máximo tamaño. Esta se puede realizar de manera manual o de forma mecánica.

Producción de Tomate en Invernadero

Teitel *et al.* (2010) mencionan que los cultivos que se desarrollan bajo condiciones de invernadero tienen la ventaja de hacer un uso más eficiente del agua, nutrientes y pesticidas que se aplican a la planta tomando en cuenta su estado fenológico, además limita el ingreso de insectos plaga y permite controlar los factores ambientales como: temperatura, humedad relativa, CO₂, ventilación y luminosidad.

Ventajas y Desventajas

FAO (2010), presenta algunas ventajas y desventajas de la producción de tomate bajo condiciones de invernadero (Cuadro 2). Sin embargo, Martínez-Gutiérrez *et al.* (2014) mencionan que a pesar de las ventajas que ofrecen los invernaderos, la agricultura protegida en México se ha desarrollado imitando “modelos” de invernaderos de otros países. Por lo que es necesario generar información sobre los materiales de cubiertas de invernadero de acuerdo a cada región geográfica de nuestro país.

Cuadro 2. Ventajas y desventajas de la producción de tomate bajo invernadero.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Adelanto o atraso de la cosecha.• Aumento de los rendimientos (3 a 5 veces mayor respecto a campo abierto).• Uso eficiente del agua.• Incrementa la posibilidad de realizar más de un cultivo por año.• Mayor eficiencia para emplear criterios de control integrado de plagas (CIP), disminuyendo el impacto ambiental.	<ul style="list-style-type: none">• Inversión inicial alta.• Diferencias sustantivas en cuanto al paquete tecnológico aplicable en cada situación.• Mayores conocimientos y capacitación para el adecuado funcionamiento.

Fuente: FAO, 2010

Manejo del Clima

Temperatura

FAO (2010), menciona que en la temperatura dentro del invernadero intervienen varios factores como: humedad del suelo, ventilación de la estructura y el tipo de cobertura que genera la especie cultivada (Cuadro 3).

Cuadro 3. Temperaturas máximas y mínimas del cultivo de tomate en las diferentes etapas fenológicas.

Etapa fenológica	Temperatura (°C)		
	Mínima	Máxima	Óptima
Germinación	12-14	30-33	20-25
Vegetativa diurna	15-17	33-35	20-25
Vegetativa nocturna	8-11	26	16-18
Fecundación y fructificación diurna	17	30-35	19-25
Fecundación y fructificación nocturna	10-12	21	13-18
Maduración	12	28	

FAO, 2010; Rodríguez y Tavares, 2001.

Humedad Relativa

El tomate requiere una humedad relativa diaria de 75 a 85%, para que las plantas tengan una adecuada transpiración y procesos relacionados con el desarrollo y crecimiento (León, 2006). Del Amor y Marcelis (2006), reportan que una alta humedad relativa reduce el peso seco total y el área foliar y por ende, una disminución en la calidad del fruto y del rendimiento.

Luminosidad

La planta de tomate requiere de una alta luminosidad para un buen desarrollo en la floración, fecundación y en la etapa vegetativa. La luminosidad y la temperatura en el interior del invernadero están correlacionados positivamente, es decir, a medida que aumenta la luminosidad, también aumenta la temperatura (FAO, 2010).

Sustratos

Los sustratos constituyen el medio en el que se desarrollan las raíces, por lo tanto, son uno de los principales factores para el éxito del cultivo de tomate. Los sustratos pueden ser orgánicos o inorgánicos de origen industrial, mineral o agrícola, que se utilizan como soporte para las plántulas o en cultivos para evitar los problemas físicos, químicos y/o biológicos (Avidan, 2004).

Debido al impacto de la contaminación, el cuidado de la salud y la búsqueda de reducción de insumos, y en especial el uso excesivo de fertilizantes, ha llevado a la búsqueda de alternativas sustentables; razón por la cual los productores han adoptado prácticas orgánicas al cultivo sin suelo (Grigatti *et al.*, 2007).

El sustrato es una de las opciones para el cultivo sin suelo, se debe cuidar el contenido excesivo de sales y las sustancias tóxicas como herbicidas o residuos vegetales con alelopatías (Jaramillo, 2001). No existe un sustrato ideal que cubra las exigencias completas de las plántulas o plantas, pero se pueden diseñar mezclas artificiales que incluyan materiales económicos, de fácil acceso y de buena calidad. Ortega-Martínez *et al.* (2010) mencionan que los sustratos más utilizados para tomate bajo invernadero y que han mostrado mejores resultados de crecimiento, desarrollo y producción son: la turba de *sphagum*, lana de roca y fibra de coco.

Fibra de Coco

La fibra de coco es un desecho de la industria alimentaria de procesado de coco. Este sustrato se caracteriza por su elevada porosidad (64.1-98.3%), baja densidad

aparente ($0.03 - 0.9 \text{ g/cm}^{-3}$), aireación (24.2 – 89.4%), capacidad de retención de agua ($137-786 \text{ mL/L}^{-1}$ de sustrato), estos valores dependen del tamaño de las partículas (Abad *et al.*, 2005).

En México, la fibra de coco presenta una densidad media de 0.09 g/cm^3 , capacidad de retención de agua media 63%, capacidad de aireación media 32%, agua fácilmente disponible de un 25%. Se comercializa en México en varias regiones, pero destaca la región de Tecomán y Armería del estado de Colima (Castellanos y Vargas, 2009). Taveira (2005), menciona que la fibra de coco posee características hidrófilas, lo que permite una significativa reducción de la cantidad de agua requerida en el riego, con esto se obtiene una importante disminución en los costos de producción del vivero.

Plagas y Enfermedades

Las plagas y enfermedades representan un factor limitante en la producción de tomate cuando no se utilizan cultivares con resistencia a patógenos. El tomate es susceptible a diversas enfermedades, por lo que el mejoramiento genético para el desarrollo de variedades con resistencia a plagas y enfermedades es el principal control a implementar, así como medidas de exclusión, erradicación y protección (Pernezny *et al.*, 2003).

Principales Plagas

Minador de la Hoja (*Liriomyza trifoli* y *L. sativae*)

Los minadores de la hoja son una plaga de importancia económica en los cultivos de tomate, en especial bajo condiciones protegidas. Se caracterizan porque en el estadio larvario forman galerías o minas rectas y sinuosas en las hojas maduras de los vegetales, mientras que los adultos se alimentan de la savia de las hojas jóvenes causando picaduras que afectan a la planta (INTAGRI, 2017a).

Mosquita Blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*)

La mosquita blanca es una de las plagas más importantes a nivel mundial. Esto se debe a su amplia distribución geográfica en el trópico, subtropical y zonas templadas del mundo y al gran número de especies de plantas cultivadas (CESAVEDF, 2016). La mosquita blanca succiona la savia de las hojas, debilitando las plantas en caso de ataques severos. El daño indirecto es debido a la producción de mielecilla de la misma plaga, lo que favorece el desarrollo de fumagina en hojas y frutos (INIA-INDAP, 2017).

Araña Roja (*Tetranychus spp*)

INTAGRI (2017b), reporta que la araña roja es una de las plagas que más daño y pérdidas económicas provoca en la producción de hortalizas, bajo condiciones protegidas en el mundo. Esta plaga inicia su infestación en la parte media de la planta, continúa de manera ascendente hasta llegar a los brotes. Estos ácaros (larvas, ninfas y adultos) extraen el contenido de las células de los tejidos, en el cual las hojas se tornan amarillentas en el haz lo que provoca una disminución en la actividad fotosintética y por lo tanto una reducción en el crecimiento, retraso en la floración y disminución en el tamaño de los frutos.

Principales Enfermedades

Según la información proporcionada por INTAGRI (2019) y FAO (2010), las principales enfermedades que se presentan en el cultivo de tomate son:

Tizón Temprano (*Alternaria solani*)

Esta enfermedad se presenta generalmente en las hojas viejas del tomate. Al inicio se manifiesta como lesiones de color marrón hasta tornarse a un color negro. Los daños impactan directamente en la disminución de la calidad de los frutos. A temperaturas que oscilan de 28-30 °C el hongo acelera la infección en las hojas. La diseminación se da principalmente por el viento y por salpicaduras de lluvia.

Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*)

Los síntomas de esta enfermedad se manifiestan como manchas irregulares de color gris y se propaga rápidamente en el cultivo, las hojas comienzan a marchitarse y se tornan de color negro sin desprenderse del tallo cuando el daño está avanzado, en el envés de hoja se puede observar el desarrollo del micelio de color blanco.

Este patógeno no solo afecta las hojas, sino que también daña los pedúnculos, peciolos, tallos y frutos. Cuando el daño se presenta en toda la estructura de la planta ocurre un colapso total de la misma, se forman manchas oscuras de color marrón en los frutos que terminan en una pudrición total siendo fuente de inóculo para la propagación de este patógeno.

Moho Gris (*Botrytis cinerea*)

Este hongo tiene la capacidad de infectar en cualquier estado fenológico de la planta, en el tallo provoca lesiones necróticas (cranco), en hojas se producen lesiones de color café oscuro en el ápice, en el haz se aprecian anillos concéntricos y un abundante moho en el envés, y en los frutos se producen lesiones blandas en forma acuosa en la unión del pedúnculo con el fruto.

Cáncer Bacteriano (*Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*)

Es considerada como una de las enfermedades más devastadoras en el cultivo de tomate, se caracteriza por un pardeamiento en el margen de las hojas, que posteriormente se observa marchitamiento y muerte de las plantas. En las hojas se forman manchas de color oscuro. En períodos de lluvia se deben evitar las lesiones en la planta para no promover la infección, ya que esta enfermedad es difícil de controlar.

Fusarium (*Fusarium oxysporum*)

Los síntomas de esta enfermedad se manifiestan primero con la caída de los peciolos de las hojas superiores, posteriormente las hojas inferiores amarillean avanzando hacia el ápice y mueren. Además, provoca podredumbre de raíces. Este hongo se desarrolla cuando se presentan temperaturas de 18 a 20 °C y exceso de humedad y temperaturas bajas.

Cenicilla polvorienta (*Leveillula taurica*)

Este patógeno ataca el follaje en condiciones de sequedad y humedad provocando defoliación y asoleamiento de los frutos. Los síntomas se manifiestan en las hojas como manchas circulares en el haz de la hoja de color blanco. Este hongo tiene la capacidad de sobrevivir en el suelo y en el rastrojo. La temperatura óptima para su desarrollo oscila de los 20-25 °C y la humedad relativa arriba de 75%.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Sitio Experimental

La presente investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Saltillo (CESAL) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Saltillo, Coahuila, entre las coordenadas geográficas de 101°01'59" longitud oeste y 25°20'41" latitud norte, a una altitud de 1792 msnm (Google Earth, 2020), el clima de la región es seco del tipo BSoKw (e), verano cálido, con una precipitación promedio anual de 214 mm y una temperatura media de 19 °C (García, 1986).

Material Genético

Se utilizó el genotipo de tomate bola INI-01-15 de tipo indeterminado, que proviene de una población heterogénea seleccionado en el INIFAP en el año 2014. Se inició un programa de mejoramiento genético con el método de descendencia de una sola semilla, la línea se encuentra en la generación filial F₆ con un 98.43 % de endogamia.

Metodología

El manejo agronómico en el cultivo de tomate es muy importante para tener un buen desarrollo y crecimiento de las plantas.

Producción de Plántula

La siembra de las semillas de la línea INI-01-15 se realizó el 11 de mayo de 2019 en charolas de poliestireno de 200 cavidades. Como sustrato se utilizó peat moss previamente humedecido, se colocó una semilla por cavidad y la charola se llevó al

invernadero, donde se le proporcionaron los cuidados adecuados, para una adecuada germinación, emergencia y desarrollo de las plántulas.

Trasplante

El trasplante se realizó el 26 junio de 2020, cuando las plántulas alcanzaron una altura de 15 a 20 cm. Como sustrato se utilizaron placas de fibra de coco que permite el desarrollo del sistema radicular en completa independencia del suelo, se colocó una plántula de tomate en los extremos de cada placa. El experimento se estableció bajo condiciones de invernadero con dos tratamientos y tres repeticiones, la unidad experimental constó de nueve plantas, con una distancia entre plantas de 0.65 m, con un total de 54 plantas en el lote experimental.

Fertilización

Los nutrientes se aplicaron dos veces al día en la etapa vegetativa y tres veces en la etapa reproductiva, se utilizó la fórmula 196-232-174 de NPK y 113 de Ca, mediante una solución nutritiva compuesta por 100 L de agua con adición de 500 mL de solución A y 200 mL de solución B, más 50 mL de acibuffer la cual es una solución amortiguadora de pH. En los Cuadros 4 y 5 se presentan las fuentes nutritivas de las soluciones A y B.

Cuadro 4. Fuentes de fertilizantes para la solución A (macronutrientes).

Fuentes	Cantidad (g)
Fosfato monoamónico (MAP)	340
Nitrato de calcio	2080
Nitrato de potasio	1100

NOTA: En 6 L de agua se agregaron las fuentes de fertilizantes en el orden mencionado, se agitó hasta que se disolvió por completo y se aforó con 4 L de agua para obtener una solución madre 10 veces concentrada.

Una vez preparada la solución madre, en un tinaco de 600 L de agua se agregaron 3 L de solución A, 1.2 L de solución B y 360 mL de acibuffer (regulador de pH). Para compensar la demanda de nutrientes de las plantas de tomate en etapa de floración y fructificación se realizaron tres aplicaciones foliares de Fertiplus+ y Fertidrip®.

Cuadro 5. Fuentes de fertilizantes para la solución B (micronutrientes).

Fuentes	Cantidad (g)
Sulfato de magnesio	492.00
Sulfato de cobre	0.48
Sulfato de manganeso	2.48
Sulfato de zinc	1.20
Boro	3.20
Sulfato de hierro	50.00

NOTA: Se colocaron 2 L de agua en un recipiente de plástico y de acuerdo el orden de los fertilizantes indicado se agregó en el recipiente hasta disolverse por completo, posteriormente se suministró otros 2 L de agua hasta obtener una solución cuatro veces concentrada.

Riego

En la etapa inicial de desarrollo de las plantas, se programaron dos riegos en el día de 10 min cada uno, mediante el sistema de riego por goteo, uno en la mañana y otro en la tarde, con la finalidad de proporcionar a cada planta 700 mL de agua en promedio por día. En la etapa de floración y fructificación se aumentó un riego en el medio día para satisfacer la demanda de agua y de nutrientes requerida por las plantas. Este sistema evita la humedad en lugares no requeridos, y por ende la aparición de posibles plantas hospederas de plagas y enfermedades.

Tutorado

Esta actividad se realizó 20 días después del trasplante, el tallo se condujo desde la base en forma vertical con una rafia, enrollándola en la planta en forma de zig-

zag para evitar causar daños mecánicos, sostenida con un alambre tensado con tubos que pasaba en la parte superior de la estructura, con la finalidad de guiar el crecimiento de las plantas y evitar el contacto con el suelo. En la etapa de fructificación se colocaron dos tutores de forma horizontal: el primero a los 0.50 m de altura y el segundo a una distancia de 1.0 m respecto al primero, estas rafias se amarraron en tubos colocados en los extremos del invernadero que proporcionan rigidez al tutor y complementadas con el tutoreo vertical para sostener a las plantas y evitar la caída de plantas por el peso excesivo de los frutos.

Poda

Se eliminaron los tallos laterales (chupones) de forma manual, a los 20 días después del trasplante, para evitar la proliferación de tallos secundarios de plantas de un tallo. En el caso de las podas a dos tallos, solo se dejó el crecimiento lateral próximo a la primera inflorescencia. Para el crecimiento y desarrollo adecuado de los tallos, se continuó en la etapa vegetativa principalmente, con la eliminación de los tallos laterales semanalmente.

Deshojado

La primera eliminación de las hojas, se llevó a cabo cuando se presentaron hojas senescentes y proliferación de hojas excesivas con tijeras podadoras, previamente desinfectadas con cloro, el deshojado se continuó realizando después de cada corte de frutos, principalmente las hojas antes del racimo cosechado.

Raleo de Frutos

Se eliminaron los frutos cuajados recientemente en cada racimo con la finalidad de homogenizar el tamaño, también se eliminaron los frutos que presentaron daño mecánico o deformaciones.

Polinización

A partir de la presencia de la primera floración se golpearon suavemente los alambres superiores donde están sostenidos las rafias del tutoreo vertical. Esta actividad se realizó diariamente de 10:00-11:00 a.m. con la finalidad de obtener una buena polinización y por lo tanto el cuajado de frutos de manera eficaz.

Despunte

Se eliminó el crecimiento apical de las plantas de un tallo cuando tenían de 7 a 8 racimos y en las unidades experimentales de dos tallos, cuando ambos tallos tenían de 7 a 8 racimos formados. Para esta actividad se utilizaron tijeras podadoras, desinfectadas con cloro.

Control de Plagas y Enfermedades

Se realizó una aplicación preventiva de insecticidas antes del trasplante: Confidor (Imidacloprid) y Abamectina con un adherente llamado Pegodel, a una dosis de 1 mL L⁻¹ de agua. Después del trasplante se monitoreó constantemente el experimento, de manera visual para detectar la presencia de plagas y enfermedades para prevenir su incidencia, y en el orden que fueron detectados se realizaron aplicaciones químicas para reducir el daño a las plantas y evitar un desorden fisiológico (Cuadro 6).

Mosquita Blanca (*Bemisia tabaci*)

Esta plaga se presentó al inicio de la floración con mayor incidencia en el envés de las hojas, se alternó la aplicación de los siguientes productos químicos de acuerdo al tiempo de aparición después de la aplicación anterior: Confidel (Imidacloprid), Abamectina y Danapir, con el adherente PegoDel, a una dosis de 1 mL L⁻¹ de agua. Las aplicaciones se realizaron por las mañanas o por las tardes, porque en estas horas del día la mosquita blanca presenta menor movilidad, se aplicó en forma de

aspersión por toda la planta, principalmente en las partes con mayor presencia, en el ápice y en el envés de las hojas.

Pudrición Apical del Fruto (Fisiopatía)

Este desorden fisiológico se presentó en el extremo distal del fruto como una lesión oscura y hundida, debido a la indisponibilidad del calcio ya que este elemento es de baja movilidad, principalmente cuando se presentan altas temperaturas en el interior del invernadero. Para reducir y evitar esta fisiopatía se aplicó Fertiplus+, producto a base de macro y micronutrientes a una dosis de 2 mL L⁻¹ de agua.

Agrietado de frutos (Fisiopatía)

Se presentaron como hendiduras concéntricas y radiales, principalmente en los frutos maduros y de mayor tamaño, este desorden fisiológico se debe a riegos inconsistentes o a temperaturas extremas del día y la noche, para minimizar el daño se redujo el tiempo de riego de 10 a 7 min en los tres riegos del día.

Cuadro 6. Productos químicos aplicados a la línea INI-01-15 de tomate bola ciclo primavera-verano 2019.

	Producto	Dosis (mL L ⁻¹)
Insecticida	Confidel (Imidacloprid)	1
	Abamectina (Abamectina)	1
	Danapir	1
Fungicidas	Metalaxil	1
Fertiplus+		2
PegoDel		1

Cosecha

Esta actividad consistió en separar los frutos del peciolo cuando alcanzaron su madurez fisiológica. Los cortes se realizaron una o dos veces por semana, el número de cortes indefinidos por semana fue debido a que se presentaron fluctuaciones de temperatura, lo que provocó que la maduración de los frutos fuera desuniforme.

Variables de Respuesta

Se evaluaron las siguientes variables durante el ciclo del cultivo.

Altura de Planta (AP)

La altura se tomó en tres plantas de cada unidad experimental a partir de la base del tallo hasta la parte apical del mismo con una cinta métrica marca Pretul®. La primera altura de planta se tomó a los 34 días después del trasplante, y después cada semana durante 10 semanas.

Clorofila (CL)

Esta variable se registró en tres plantas de cada unidad experimental, se seleccionó una hoja intermedia de cada planta libre de sombreado, se utilizó el aparato Unidad SPAD minolta 560®. Los datos se registraron a partir de los 34 días después del trasplante, posteriormente cada siete días durante 10 semanas.

Número de Frutos por Planta (NFP)

Se contabilizó el número de frutos en tres plantas y se obtuvo el valor promedio por unidad experimental, en cada una de las cosechas realizadas.

Peso Promedio del Fruto (PPF)

Esta variable se obtuvo de manera indirecta con el peso total de frutos entre el número de frutos cosechados por planta. Para el peso total de frutos por planta se utilizó una báscula analítica marca Toro Rey modelo EQ-10/20®.

Diámetro Ecuatorial (DE) y Diámetro Polar (DP)

Para obtener estas variables, se midieron el largo y ancho de tres frutos representativos de tres plantas seleccionadas de cada unidad experimental. Estas variables se midieron con un vernier Pretul 21455®, a los 80 días después del trasplante.

Grados Brix (GB)

Los GB se tomaron en tres frutos de tres plantas seleccionadas de cada unidad experimental, en la segunda cosecha del día 28 de octubre de 2019, con un refractómetro marca Senna 8643®. Para ello los frutos se partieron a la mitad y se exprimieron para obtener una gota que se colocó en el refractómetro, después de marcar los sólidos solubles del primer fruto, se procedió a limpiar el refractómetro con agua destilada. Estos pasos se repitieron en cada uno de los frutos.

Rendimiento (REND)

La cosecha de los frutos se inició el día 14 de septiembre 2019, y el último corte se realizó el 4 de noviembre del mismo año, se tuvo un periodo de producción de 51 días. Después de cada corte, se colocaron los frutos en bolsas de polietileno previamente marcados con los datos de los tratamientos y bloques. Se pesaron los frutos de las tres plantas seleccionadas de cada unidad experimental, en una báscula analítica marca Toro Rey modelo EQ-10/20®.

Diseño Experimental

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con dos tratamientos y tres repeticiones. El tratamiento 1 (T1) es poda a un solo tallo, el tratamiento 2 (T2) poda a dos tallos. Las plantas se trasplantaron a 1 m de distancia entre hileras y 0.50 m entre plantas. Las unidades experimentales constaron de nueve plantas.

Análisis Estadístico

Se realizaron análisis de varianza (ANVA) de las variables evaluadas y en los casos en los que se detectaron diferencias significativas se realizaron pruebas de comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor observado del j-ésimo tratamiento en el i-ésimo bloque

μ = Efecto de la media general

B_i = Efecto del i-ésimo bloque

T_j = Efecto del ji-ésimo tipo de poda

E_{ij} = Efecto del error experimental

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de Planta

Los análisis de varianza para esta variable en las cinco fechas de evaluación, no detectaron diferencias significativas entre las fuentes de variación tratamientos y bloques. Los coeficientes de variación en cada una de las variables evaluadas se consideran aceptables (Cuadro 7).

Cuadro 7. Cuadrados medios de los análisis de varianza de altura de planta de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

FV	GL	Altura de Planta				
		1° Eval 34 DDT	2° Eval 49 DDT	3° Eval 64DDT	4° Eval 79 DDT	5° Eval 94 DDT
Tratamientos	1	14.7 ^{NS}	121.5 ^{NS}	847.2 ^{NS}	1991 ^{NS}	2480.3 ^{NS}
Bloques	2	35.4 ^{NS}	47.4 ^{NS}	164.8 ^{NS}	151.9 ^{NS}	300.6 ^{NS}
Error Exp.	2	127.5	245.6	523.0	539.2	244.6
CV (%)		10.9	11.1	13.2	11.8	6.8

FV= Fuentes de Variación; GL= Grados de Libertad; DDT= Días Después del Trasplante; CV= Coeficiente de Variación; NS= Diferencias no Significativas.

El sistema de poda a un tallo de tomate bola presentó mayor crecimiento en las cinco evaluaciones realizadas. A los 34 días después del trasplante las plantas de dos tallos tuvieron un crecimiento inferior de 3.1 cm respecto a la poda de un tallo, pero a los 94 días la poda a un tallo superó en 19.56% a la poda a dos tallos (Cuadro 8). Los resultados de esta investigación coinciden con los de Medina (2009), al comparar el crecimiento del tomate podado a un tallo y dos tallos, él encontró que

las plantas de tomate conducidas a un tallo presentaron mayor crecimiento. Villamán (2011) y Arébalo-Madrigal (2018), mencionan que estos crecimientos desuniformes se deben a la competencia por nutrientes, luz solar y agua ya que las plantas podadas a dos tallos demandan un mayor requerimiento de estos elementos principalmente en la etapa reproductiva, debido a la formación de una mayor cantidad de hojas, flores y frutos.

Cuadro 8. Medias de la altura de planta de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

Tratamientos	Altura de Planta (cm)				
	1° Eval 34 DDT	2° Eval 49 DDT	3° Eval 64DDT	4° Eval 79 DDT	5° Eval 94 DDT
Poda a un tallo	105.0	144.9	183.9	214.9	248.7
Poda a dos tallos	101.9	135.9	160.1	178.5	208.0
Promedio	103.5	140.4	172.0	196.7	228.4

DDT= Días Después del Trasplante

La poda a un tallo incrementó la altura de planta de la primera a la última evaluación (60 días después) en un 136.85%. El incremento en altura de la primera a la segunda evaluación fue de un 38%, después estas diferencias fueron disminuyendo, ya que, de la segunda a la tercera evaluación, el incremento en altura fue de 26.9%, de la tercera a la cuarta evaluación fue de 16.85% y de la cuarta a la última evaluación el incremento fue de 15.75%. La altura de planta en la poda a dos tallos fue menor en cada uno de las evaluaciones, de los 34 a los 49 días el incremento fue de 33.36%, pero de la segunda a la tercera evaluación la altura incrementó un 17.80%, de la tercera a la cuarta evaluación el incremento fue de 11.49% y un incremento de 16.52 % se observó de la cuarta a la quinta evaluación. Un incremento de 104.12% se observó de la primera a la última evaluación.

En la Figura 4 se observa que a los 34 días después del trasplante ambos tratamientos tuvieron crecimientos similares, pero en las cuatro evaluaciones posteriores, realizadas cada 15 días después de la primera evaluación, la poda a un tallo incrementó su ritmo de crecimiento.

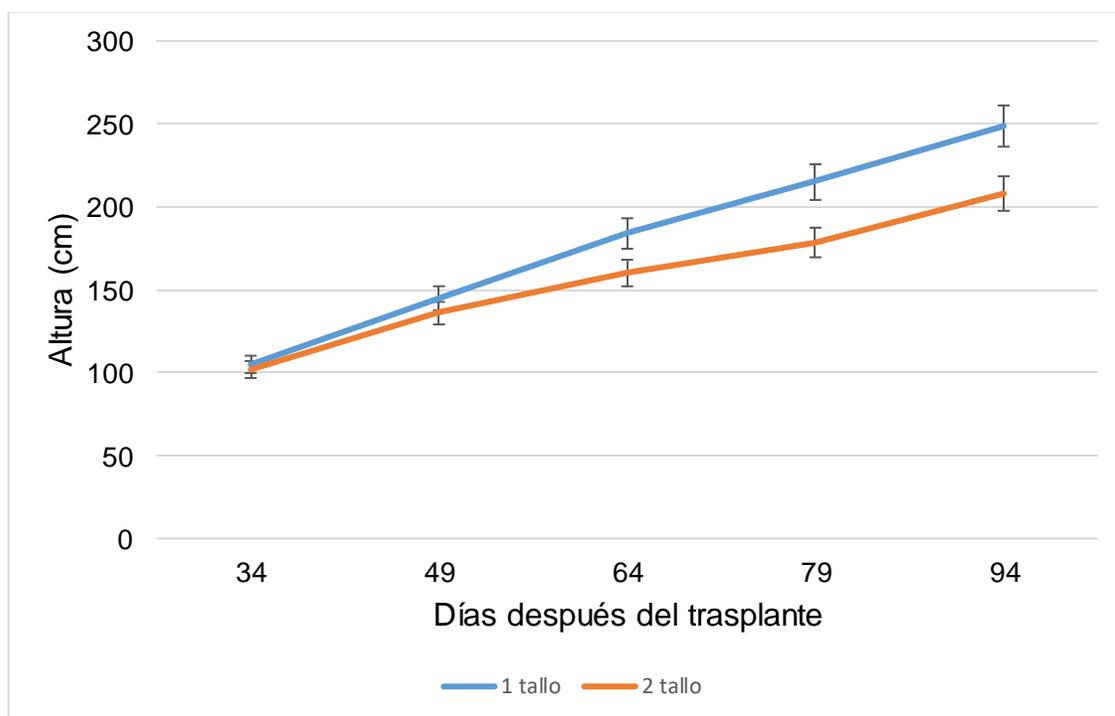


Figura 4. Altura de planta en la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda.

Clorofila

El análisis de varianza para el contenido de clorofila indicó diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, en la tercera evaluación realizada a los 64 días después del trasplante. No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ni entre bloques, a los 34, 49, 79 y 94 DDT. Los coeficientes de variación se mantuvieron en un nivel aceptable (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cuadrados medios de los análisis de varianza de clorofila de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

FV	GL	Clorofila				
		1° Eval 34 DDT	2° Eval 49 DDT	3° Eval 64 DDT	4° Eval 79 DDT	5° Eval 94 DDT
Tratamientos	1	6.4 ^{NS}	0.7 ^{NS}	8.1*	1.5 ^{NS}	2.9 ^{NS}
Bloques	2	6.6 ^{NS}	2.4 ^{NS}	10.8*	5.8 ^{NS}	3.6 ^{NS}
Error Exp.	2	3.0	3.1	0.3	0.7	0.8
CV (%)		3.3	3.0	0.9	1.6	1.7

FV= Fuentes de Variación; GL= Grados de Libertad; DDT= Días Después del Trasplante; CV= Coeficiente de Variación; *= Diferencias Significativas ($P \leq 0.05$); NS= Diferencias no Significativas.

En el Cuadro 10 se observan los valores promedio del contenido de clorofila expresados en unidades SPAD. En ambos sistemas de producción, los valores más altos se obtuvieron a los 49 y 64 DDT, posteriormente fueron descendiendo cuando las plantas entraron a la etapa reproductiva y como consecuencia las hojas alcanzaron edades más avanzadas. La poda a un tallo obtuvo un valor máximo a los 64 DDT con un valor de 58.6 unidades SPAD y la poda a dos tallos a 49 DDT con 59 unidades SPAD. Constante *et al.* (2018), evaluaron el contenido clorofílico en unidades SPAD en plantas de tomate a los 30, 60, 90 y 120 DDT, determinaron que la mayor concentración del pigmento se dio a los 30 DDT y concluyeron que la clorofila en las hojas se degrada con el tiempo a medida que los tejidos alcanzan edades fisiológicamente más avanzadas.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Rodríguez *et al.* (1998) quienes presentan valores más altos de clorofila a los 45 DDT y más bajos a los 90 DDT, los valores fueron disminuyendo conforme avanza el proceso de maduración en la planta. Ellos mencionan que las plantas de tomate alcanzan el valor SPAD más altos en la etapa vegetativa.

Cuadro 10. Comparación de medias del contenido de clorofila en la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

Tratamientos	Clorofila (SPAD)				
	1° Eval 34 DDT	2° Eval 49 DDT	3° Eval 64 DDT	4° Eval 79 DDT	5° Eval 94 DDT
Poda a un tallo	52.4	58.3	58.6 a	51.6	53.1
Poda a dos tallos	50.3	59.0	56.2 b	52.6	51.7
Promedio	51.35	58.65	57.4	52.1	52.4

DDT= Días Después del Trasplante

En la Figura 5 se presentan los contenidos de clorofila en línea INI-01-15 en tomate, en las cinco evaluaciones para ambos tipos de poda.

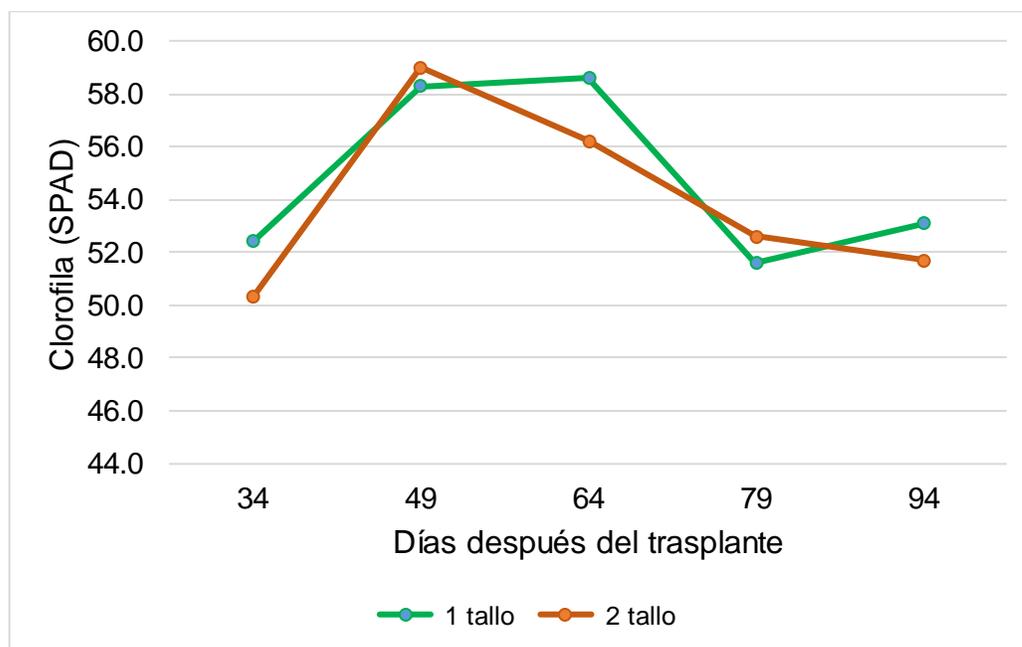


Figura 5. Contenido de clorofila (SPAD) en la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda en cinco evaluaciones.

Número de Frutos por Planta

Los análisis de varianza para esta variable no detectaron diferencias significativas en las seis evaluaciones realizadas entre los tratamientos y bloques (Cuadro 11).

Cuadro 11. Cuadrados medios de los análisis de varianza de número de frutos por plantas de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

FV	GL	Número de Frutos por Planta					
		1° Eval 94 DDT	2° Eval 100 DDT	3° Eval 108 DDT	4° Eval 115 DDT	5° Eval 124 DDT	6° Eval 131 DDT
Trats	1	1.5 ^{NS}	4.1 ^{NS}	0.0 ^{NS}	0.6 ^{NS}	2.6 ^{NS}	8.1 ^{NS}
Bloq.	2	0.5 ^{NS}	0.5 ^{NS}	2.1 ^{NS}	11.1 ^{NS}	0.1 ^{NS}	5.1 ^{NS}
E.E.	2	0.5	3.1	0.5	1.1	0.1	3.1
CV (%)		20.2	23.7	26.5	24.9	8.7	28.8

FV= Fuentes de Variación; Trat= Tratamientos; Bloq= bloques; E.E.= Error Experimental; GL= Grados de Libertad; CV= Coeficiente de Variación; NS= Diferencias no Significativas.

En el Cuadro 12 se observan las medias del número de frutos para ambos sistemas de poda. El mayor número de frutos se obtuvieron a los 100 DDT, la poda a uno y dos tallos obtuvieron 7 y 8 frutos respectivamente. La poda a dos tallos obtuvo el mayor número de frutos totales en las seis evaluaciones (32).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Arébalo-Madrigal (2018), ellos mencionan que las plantas conducidas a dos tallos producen una mayor cantidad de frutos por planta. Betancourt (2014) al evaluar cuatro híbridos de tomate con dos tipos de poda: a uno y dos ejes, reporta que las plantas conducidas a dos tallos producen mayor número de frutos que las plantas podadas a un tallo. Vera *et al.* (2015), al evaluar el efecto de la poda de tallo: a uno, dos y tres tallos en el rendimiento del híbrido de tomate Miramar F1, encontraron que las plantas podadas a dos tallos obtienen una mayor cantidad de frutos por planta.

Cuadro 12. Medias del número de frutos por planta de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

Tratamientos	Frutos por Planta (No.)						Total
	1° Eval 94DDT	2° Eval 100DDT	3° Eval 108DDT	4° Eval 115DDT	5° Eval 124DDT	6° Eval 131DDT	
Poda a un tallo	3	7	3	4	4	5	26
Poda a dos tallos	4	8	3	5	5	7	32
Promedio	3	7	3	4	5	6	29

DDT= Días Después del Trasplante

Peso del Fruto

En esta variable de respuesta se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos en la quinta evaluación, no se detectaron diferencias significativas en las fuentes de variación tratamientos y bloques en las cinco evaluaciones restantes (Cuadro 13), lo que nos indica que ambos tratamientos tuvieron un peso del fruto similar en todas las evaluaciones, excepto en la quinta evaluación.

Lagos (2005) al estudiar el efecto de la poda y raleo de frutos sobre rendimiento y calidad de tomate reporta, que no existen diferencias significativas en el peso promedio de tomate entre la poda a un eje y a dos ejes, ya que las diferencias de peso están marcadas por la cantidad de frutos que se dejen en los racimos de la planta. En el Cuadro 14 se observa que, en las seis evaluaciones realizadas, las plantas conducidas a un tallo presentaron un mayor peso del fruto, excepto en la primera que fue inferior (161.7g), con respecto a un peso de 172g obtenido por las plantas podadas a dos tallos.

Cuadro 13. Cuadrados medios de los análisis de varianza de peso promedio del fruto de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

FV	GL	Peso del Fruto					
		1° Eval 94DDT	2° Eval 100DDT	3° Eval 108DDT	4° Eval 115DDT	5° Eval 124DDT	6° Eval 131DDT
Trat	1	160.1 ^{NS}	9.3 ^{NS}	741.4 ^{NS}	715.0 ^{NS}	84.6*	558.7 ^{NS}
Bloq	2	75.6 ^{NS}	266.3 ^{NS}	113.4 ^{NS}	188.7 ^{NS}	13.34 ^{NS}	39.1 ^{NS}
E.E.	2	8.6	600.0	408.3	91.1	5.1	87.8
CV (%)		1.7	17.5	14.5	7.5	1.9	8.2

*FV= Fuentes de Variación; Trat= Tratamientos; Bloq= Bloques; E.E.= Error Experimental; GL= Grados de Libertad; CV= Coeficiente de Variación; DDT= Días Después del Trasplante; *= Diferencias Significativas (P<0.05); NS= Diferencias no Significativas.*

Estos resultados son similares a los obtenidos por Loor (2016) quien encontró que las plantas conducidas a un solo eje alcanzaron un peso de 168.2g, en comparación con las plantas de dos ejes con 155.6g y a los resultados de Villamán (2011) quien, al estudiar el efecto de tres tipos de poda sobre el rendimiento y calidad de tomate, encontró que las plantas a un solo tallo alcanzaron un peso de fruto de 150.3g y a dos tallos con 68.1g.

En la quinta evaluación donde se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, el sistema de poda a un tallo obtuvo un peso de fruto promedio de 122.9 g superó en 16.05% al peso obtenido a dos tallos (105.9g). Se observa en ambos sistemas de poda, que el peso promedio del fruto disminuye con el tiempo. En la poda a un tallo el peso promedio del fruto a los 94 DDT (161.7g) fue superior 31.3% con respecto al peso del fruto obtenido a los 131 DDT (123.1g). Estas diferencias son más amplias en el sistema de poda a dos tallos, donde el peso promedio del fruto a los 94 DDT fue de 172g superó en un 50.34% al peso promedio obtenido a los 131 días (103.9g), este disminuyó 68.1g después de 37 días. El peso promedio del fruto de las seis evaluaciones fue de 139.3 y 127.3g para poda a uno y dos tallos respectivamente.

Cuadro 14. Comparación de medias del peso promedio del fruto de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

Tratamientos	Peso del Fruto (g)						Promedio
	1° Eval 94DDT	2° Eval 100DDT	3° Eval 108DDT	4° Eval 115DDT	5° Eval 124DDT	6° Eval 131DDT	
Poda a un tallo	161.7	141.0	150.1	137.1	122.9 a	123.1	139.3
Poda a dos tallos	172.0	138.5	127.9	115.2	105.9 b	103.9	127.23
Promedio	166.8	139.8	139.0	126.2	114.4	113.5	

DDT= Días Después del Trasplante

Diámetro Ecuatorial y Diámetro Polar

Los análisis de varianza para diámetro ecuatorial y polar, no detectaron diferencias significativas entre las fuentes de variación tratamientos y bloques en las cuatro evaluaciones realizadas (Cuadros 15 y 16), esto nos indica que tanto el diámetro ecuatorial y polar de los frutos de las plantas podadas a un tallo y dos tallos son similares, no existe diferencia estadística entre ellos. Los coeficientes de variación en ambas variables están en un nivel aceptable.

Cuadro 15. Cuadros medios de los análisis de varianza de diámetro ecuatorial de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

FV	GL	Diámetro Ecuatorial			
		1° Eval 94DDT	2° Eval 100DDT	3° Eval 108DDT	4° Eval 115DDT
Trat	1	0.07 ^{NS}	0.03 ^{NS}	0.03 ^{NS}	0.38 ^{NS}
Bloq	2	0.01 ^{NS}	0.13 ^{NS}	0.06 ^{NS}	0.35 ^{NS}
E.E.	2	0.01	0.22	0.12	0.04
CV (%)		1.70	7.30	5.90	3.60

Trat= tratamientos; Bloq= Bloques; E.E= Error Experimental; FV= Fuentes de Variación; GL= Grados de Libertad; CV= Coeficiente de Variación; DDT= Días Después del Trasplante; NS= Diferencias no Significativas.

Cuadro 16. Cuadrados medios de los análisis de varianza de diámetro polar de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

FV	GL	Diámetro Polar			
		1° Eval 94DDT	2° Eval 100DDT	3° Eval 108DDT	4° Eval 115DDT
Trat	1	0.08 ^{NS}	0.01 ^{NS}	0.01 ^{NS}	0.24 ^{NS}
Bloq	2	0.18 ^{NS}	0.01 ^{NS}	0.10 ^{NS}	0.47 ^{NS}
E.E.	2	0.01	0.12	0.09	0.10
CV (%)		1.18	5.30	4.90	5.10

Trat= tratamientos; Bloq= Bloques; E.E.= Error Experimental; FV= Fuentes de Variación; GL= Grados de Libertad; CV= Coeficiente de Variación; DDT= Días Después del Trasplante; NS= Diferencias no Significativas.

En el Cuadro 17 se presentan las medias de la variable diámetro ecuatorial. Se observa en las primeras evaluaciones, que los frutos de las plantas conducidas a dos tallos presentaron un diámetro ecuatorial mayor, pero en las últimas dos evaluaciones el diámetro fue inferior a las plantas podadas a un tallo.

Cuadro 17. Medias del diámetro ecuatorial de los frutos de tomate de la línea INI-01-15 bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

Tratamientos	Diámetro Ecuatorial (cm)				Promedios
	1° Eval 94 DDT	2° Eval 100 DDT	3° Eval 108 DDT	4° Eval 115 DDT	
Poda a un tallo	6.49	6.35	6.02	6.33	6.29
Poda a dos tallos	6.71	6.51	5.87	5.82	6.22

DDT= Días Después del Trasplante

El diámetro ecuatorial de los frutos de las plantas a un eje están en un rango de 6.02 a 6.49 cm, y la de dos ejes de 5.82 a 6.71 cm, es decir las plantas conducidas

a dos tallos presentaron una mayor fluctuación en el tamaño en comparación la de un solo eje. Looor (2016) y Betancourt (2014) concluyeron que los mejores resultados se logran con la poda de un brazo. Adams *et al.* (2001), mencionan que estos resultados se obtienen por que las plantas podadas a un tallo permiten que los nutrientes se trasloquen más rápido hacia los frutos, obteniendo frutos de mayor tamaño; mientras que al haber dos ejes se presenta mayor competencia para distribuir los nutrientes entre los ejes, frutos y hojas formados. El diámetro ecuatorial promedio fue similar en ambos sistemas de poda.

En el Cuadro 18 se presentan las medias del diámetro polar, en las evaluaciones realizadas, ambos tratamientos tuvieron resultados similares, la poda a un tallo solo fue superior en la última evaluación. En las evaluaciones posteriores, respecto a la primera, el valor del diámetro polar fue disminuyendo. Estos resultados concuerdan con Adams *et al.* (2001), quienes mencionan que el diámetro polar de los frutos de tomate va declinando conforme la planta va senesciendo. Rodríguez (2015) al evaluar el rendimiento y calidad de tomate bajo dos sistemas de poda bajo invernadero, concluyó que el tamaño de los frutos comienza a disminuir conforme se realizaron las cosechas.

Cuadro 18. Medias del diámetro polar de los frutos de tomate de la línea INI-01-15 bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

Tratamientos	Diámetro polar (cm)				Promedios
	1° Eval 94 DDT	2° Eval 100 DDT	3° Eval 108 DDT	4° Eval 115 DDT	
Poda a un tallo	6.8	6.4	6.2	6.4	6.45
Poda a dos tallos	7.0	6.5	6.2	6.0	6.42

DDT= Días Después del Trasplante

El valor promedio del diámetro polar de los frutos fue similar en ambos sistemas de poda (Cuadro 18). Betancourt (2014), al estudiar el efecto de alternativas de fertirrigación y podas de mantenimiento en el rendimiento del tomate bajo

invernadero, encontró que el diámetro polar de los frutos de tomate de podas de un eje y dos ejes, no hubo significancias estadísticas, por lo que concluyó que los tipos de poda producen frutos de tomate del mismo diámetro.

Grados Brix

Los grados brix miden el porcentaje de azúcares contenidos en el fruto, estos cubren entre el 75 – 85% de los sólidos solubles totales (SST), en la mayoría de los frutos, los SST lo componen ácidos, azúcares, fenoles, minerales, pigmentos, proteínas y vitaminas disueltas en el fruto (Magwaza y Opara, 2015).

Los análisis de varianza para esta variable de respuesta, no arrojaron diferencias estadísticas entre las fuentes de variación tratamientos y bloques en las dos evaluaciones realizadas (Cuadro 19).

Cuadro 19. Cuadrados medios de los análisis de varianza de grados brix de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

FV	GL	Grados Brix	
		1° Eval 94 DDT	2° Eval 100 DDT
Tratamientos	1	0.45 ^{NS}	0.17 ^{NS}
Bloques	2	0.13 ^{NS}	0.08 ^{NS}
Error Exp.	2	0.26	0.07
CV (%)		9.70	5.90

FV= Fuentes de Variación; GL= Grados de Libertad; CV= Coeficiente de Variación; DDT= Días Después del Trasplante y NS= Diferencias no Significativas.

En el Cuadro 20 se presentan las medias de la variable grados brix, las plantas podadas a un tallo tienen un promedio de 4.80 °Bx, mientras que las plantas conducidas a dos tallos produjeron 5.25 °Bx, siendo superior a la primera. Looor (2016) reporta que las plantas a un brazo presentaron un promedio de 4.80 °Bx,

pero las plantas a dos brazos produjeron un promedio de 4.72 °Bx, este resultado es un poco inferior a los resultados obtenidos en este experimento. Se observa una ligera disminución en el contenido de grados brix en ambos sistemas de poda, de la primera a la segunda evaluación.

Cuadro 20. Medias de Grados Brix de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

Tratamientos	Grados Brix		
	1° Eval 94 DDT	2° Eval 100 DDT	Promedios
Poda a un tallo	5.00	4.60	4.80
Poda a dos tallos	5.56	4.94	5.25

DDT= Días Después del Trasplante

El rango en los sólidos solubles en ambos sistemas de poda fue de 4.60 a 5.56 °Bx, lo cual está dentro de los valores reportados por Kleinhenz y Bumgarner (2013), quienes mencionan que para cada fruta o verdura existen rangos de grados brix en los cuales es considerado como adecuado para su consumo, para el caso del tomate fluctúa entre 4.3 a 5.0 °Bx. Cantwell (2009), quien estudio el impacto de las condiciones de almacenamiento en la calidad del tomate uva, reportó que el contenido de sólidos solubles de los tomates debe de situarse entre 3.5 y 7.0 °Bx.

Rendimiento

El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre tratamientos para la variable rendimiento en la quinta evaluación. No se detectaron diferencias significativas entre las fuentes de variación en las cinco evaluaciones restantes. Los coeficientes de variación se presentan en un nivel aceptable (Cuadro 21).

Cuadro 21. Cuadrados medios de los análisis de varianza de rendimiento de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

FV	GL	Rendimiento					
		1° Eval 94DDT	2° Eval 100DDT	3° Eval 108DDT	4° Eval 115DDT	5° Eval 124DDT	6° Eval 131DDT
Tratamientos	1	0.07 ^{NS}	0.01 ^{NS}	0.07 ^{NS}	0.07 ^{NS}	0.04*	0.05 ^{NS}
Bloques	2	0.01 ^{NS}	0.02 ^{NS}	0.01 ^{NS}	0.01 ^{NS}	0.006 ^{NS}	0.003 ^{NS}
Error Exp.	2	0.004	0.06	0.03	0.009	0.03	0.008
CV (%)		4.1	17.50	14.20	7.8	1.98	8.10

FV= Fuentes de Variación; GL= Grados de Libertad; CV= Coeficiente de Variación; *= Diferencias Significativas ($P \leq 0.05$); DDT= Días Después del Trasplante; NS= Diferencias no Significativas.

En el Cuadro 22 se presentan las medias de rendimiento obtenidas de tomate INI-01-15, las plantas conducidas a un tallo presentaron mayor rendimiento expresados en kg/m^2 . En la quinta evaluación el rendimiento a un tallo obtuvo el rendimiento más alto con 1.23 kg/m^2 y fue estadísticamente diferente a la poda a dos tallos que obtuvo un rendimiento de 1.06 kg/m^2 . La diferencia entre estos valores fue de 0.17 kg/m^2 , superando en un 12% al valor obtenido en la poda a dos tallos. Excepto en la primera evaluación, las plantas podadas a un tallo presentaron mayor rendimiento.

Los resultados obtenidos coinciden con los obtenidos por Corella *et al.* (2013), quienes al comparar dos tipos de poda en tomate bajo invernadero en cinco variedades comerciales: Espartaco, Moctezuma, 4426, Aníbal y Malinche, encontraron que el rendimiento en kg/m^2 de las plantas podadas a dos tallos fueron mucho menor que las podadas a un tallo. En el caso particular de la variedad 4426 tuvo un mejor comportamiento con la poda a dos tallos. Estos resultados concuerdan con Loor (2016), quien concluyó que las plantas conducidas a un eje o brazo se obtienen mayor rendimiento en comparación de las plantas de dos tallos.

En ambos tratamientos se observa que el rendimiento disminuyó con el tiempo. El sistema de poda a un tallo obtuvo 1.49 kg/m^2 a los 94 DDT superando en un 18.2%

al rendimiento obtenido a los 131 DDT (1.23 kg/m²). Estas diferencias se observan más fuertes en la poda a dos tallos donde el rendimiento a los 94DDT fue de 1.72 kg/m² superando en un 36.7% al rendimiento obtenido en la última evaluación (1.09 kg/m²).

Cuadro 22. Comparación de medias del rendimiento de la línea INI-01-15 de tomate bajo dos sistemas de poda. Saltillo, Coah. 2020.

Tratamientos	Rendimiento (kg/m ²)						Total
	1° Eval 94DDT	2° Eval 100DDT	3° Eval 108DDT	4° Eval 115DDT	5° Eval 124DDT	6° Eval 131DDT	
Poda a un tallo	1.49	1.41	1.50	1.37	1.23 a	1.23	8.23
Poda a dos tallos	1.72	1.39	1.28	1.15	1.06 b	1.09	7.69

DDT= Días Después del Trasplante

El rendimiento total en el periodo de evaluación fue de 8.23 y 7.69 kg/m² para poda a uno y dos tallos respectivamente. Jarrín (2013), al estudiar el efecto de la aplicación de fertirriego en dos variedades de tomate, obtuvo rendimientos promedios de 11.9 kg/m².

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

El sistema de poda a un tallo incrementó el rendimiento y peso de fruto en la línea INI-01-15 de tomate en la quinta evaluación.

El contenido de clorofila de tomate en la línea INI-01-15 se incrementó con la poda a un tallo en la tercera evaluación.

No se detectaron diferencias significativas en los sistemas de poda a uno y dos tallos. Sin embargo, se observó una tendencia a incrementar el contenido de clorofila, número de frutos y rendimiento en la poda a un tallo.

El contenido de clorofila y grados brix disminuyen conforme avanza el estado fenológico de las plantas de la línea INI-01-15.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M., Fornes F., Garrión, C., and Noguera, V. (2005). Physical properties of various coconut coir dusts compared to peat. *Hort. Science* 40 (7): 2138-2144.
- Adams, S.R., Cockshull, K.E. and Cave, C.R.J. (2001). Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Annals of Botany* 88, *United Kingdom*. pp 869-877.
- Arébalo-Madrigal, M. (2018). Efecto de podas tempranas en tomate (*Solanum lycopersicum* var. Ramses) para la formación de plantas con dos tallos. *Agro Productividad* 11 (10): 57-61.
- Avidan, A. (2004). Sustratos artificiales. Departamento de irrigación y suelos. Servicio de Extensión Agrícola, Ministerio de Agricultura. Israel. 10p.
- Berrospe, E.A., Saucedo, V.C., Ramírez, V.P. y Ramírez, M.E. (2015). Comportamiento agronómico de plántulas de poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en producción intensiva en invernadero. *Agrociencia* 49 (6): 637-650.
- Betancourt, S.C. (2014). Evaluación de cuatro híbridos de tomate con dos tipos de poda de conducción cultivados bajo el sistema hidropónico. Tesis Licenciatura. Universidad de Guayaquil, Ecuador. 81p.
- Cantwell, M., Nie, X. and Hong, G. 2009. Impact of storage conditions on grape tomato quality. 6th ISHS Postharvest Symposium, Antalya, Turkey. April 8-12, 2009. <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-1531.pdf>.
- Castellanos, J. Z. y Vargas, P.T. (2009). Los sustratos en la horticultura protegida. En: Manual de Producción de Tomate en Invernadero. J. Z. Castellanos. INTAGRI (ed.) México. pp 105-130.

- CESAVEDF, (2016). Comisión Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal. Mosquita blanca. Consultado febrero de 2019 en http://cesavedf.org.mx/IMAGENES/PDF_MOSQUITA%20BLANCA.pdf
- Constante, T.G., Cedeño, G.G., Guzmán, C.A. y Cedeño, D.J. (2018). Contenido clorofílico del tomate en función de la edad del cultivo y daño ocasionado por *Prodidiplosis longifila*. Calceta, Ecuador. 7p.
- Corella, B.R.A., Soto, O.R., Escobaza, G.F., Grimaldo, J.O., Huez, L.M.A. y Ortega, N.M.M. (2013). Comparación de dos tipos de poda en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sobre el rendimiento en invernadero. XVI Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. pp 688-692.
- Del Amor, M.F. and Marcelis, M.F. L. (2006). Differential effect of transpiration and Ca supply on growth and Ca concentration of tomato plants. *Scientia Horticulturae* 111(1): 17-23.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2019). Panorama agroalimentario de tomate rojo. 25p. Consultado en junio 2020 en: <https://www.inforural.com.mx/wpcontent/uploads/2019/06/PanoramaAgroalimentario-Tomate-rojo-2019.pdf>.
- García, E. (1986). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 1° Edición UNAM, México. D.F. 246p.
- Garza, A.M. y Molina, V.M. (2008). Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo, en el estado de Nuevo León. SAGARPA. 84p.
- Google Earth. (2020). Imágenes satelitales. Europa Technologies Digital Globe. Programa desarrollado por Software Google.
- Grigatti, M., Giorgioni, M. E. and Ciavatta, C. (2007). Compost-based growing media: influence on growth and nutrient use of bedding plants. *Bioresour Technol.* 98: 3526-3534.

- INIA-INDAP. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero. Boletín INIA/ N° 12. Santiago, Chile. pp 43-65.
- INIFAP. (2013). Manual para el cultivo de jitomate en bioespacio e invernadero. Zacatepec, Morelos. Libro técnico No.11. 190p.
- INTAGRI. (2019). Enfermedades foliares en tomate. Serie Fitosanidad. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4p.
- INTAGRI. (2017a). Estrategias de control de minadores en tomate. Serie Fitosanidad Núm. 97. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4p.
- INTAGRI. (2017b). Manejo integrado de araña roja en hortalizas bajo invernadero. Serie Fitosanidad. Núm. 78. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4p.
- Jano, F. (2006). Cultivo y Producción de Tomate. Ediciones RIPALME. Lima, Perú. 136p.
- Jaramillo, N.J. E. (2001). El manejo agronómico de cultivos como herramienta de manejo integrado de plagas y enfermedades tendientes a la producción limpia de hortaliza. En: Hortalizas plagas y enfermedades. Compendio de eventos 1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria– Corpoica–. Sociedad Colombiana Entomológica, Socolen. pp 5-21.
- Jarrín, G. (2013). Efecto de la aplicación foliar complementaria y la profundidad de aplicación del fertirriego en dos variedades de tomate riñón. Tesis de Licenciatura: Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador. 104p.
- Juárez, L P., Castro, B. R., Colinas, L.T., Sandoval-Villa M., Ramírez-Vallejo P., Reed, D.W. y King, S. (2012). Evaluación de características de interés agronómico de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados en hidroponía. Revista Chapingo Serie Horticultura 18: 207-216.

- Kleinhenz, M.D. and Bumgarner, N.R. (2013). Using °Brix as an indicator of vegetable quality: An overview of the practice. Ohio State University – OSU. Columbus, United States of America. 6p.
- Lagos, C. (2005). Efecto de la poda y raleo de frutos sobre rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Tesis de Licenciatura. Universidad de La Frontera. Chile 57p.
- León, G.H.M. (2006). Guía para el cultivo de tomate en invernadero. 2da edición. Editorial SEP-INDAUTOR. Chih., México. 263p.
- Limagrain, A. (2010). Limagrain, tomatoes and biodiversity. Francia: Limagrain Corporate Communication; [consultado 2019 Oct 20]. <http://www.limagrainchina.com/wp-content/uploads/2013/07/a-propos-tomate-gb2010.pdf>.
- Loor, B.J.S. (2016). Efecto de alternativas de fertirrigación y podas de mantenimiento en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* mill.) bajo invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Ecuador. Quito, Ecuador. 70p.
- López-Elías, J., Rodríguez, J. C., Huez, M. A., Garza, S., Jiménez, J. y Leyva, E. I. (2011). Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero. *Idesia* 29:21-27.
- Magwaza, L.S., and Opara, U.L. 2015. Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products—A review. *Sci. Hort.* 184:179–192.
- Mármol, J.R. (1995). Poda de hortalizas en invernadero (Berenjena, pimiento y tomate). Hojas divulgadoras núm. 2094. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 32p.
- Martínez, R. H., Benítez, A. L., Velázquez, J. E., Aspeytia, D. S., Méndez, C. A. R., Rojas, G. J. A. y Melgoza, F. A. G. (2016). Potencial genético y heterosis para

- rendimiento en líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L). Rev. Mex. Cienc. Agríc. 7:349-362.
- Martínez-Gutiérrez, G.A., Díaz, P.R., Juárez, L.G., Ortiz, H.Y.D. y López, C.J.Y. (2014). Caracterización de las unidades de producción de tomate en invernaderos de Oaxaca. Agricultura Sociedad y Desarrollo 11: 153-165.
- Medina, R.G.G. (2009). Poda en tomate cherry (*Lycopersicon ceraciforme* L.) bajo invernadero. Tesis Licenciatura. UAAAN. México. 73p.
- Navarro-Lara, P. (2011). Caracterización y evaluación de variedades de tomate en invernadero ecológico. Trabajo de investigación. Universidad de Almería. 163p.
- Organizaciones de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2010). Manual de buenas prácticas agrícolas en la cadena de tomate. pp 207-222.
- Ortega-Martínez, L.D., Sánchez-Olerte, J., Ocampo-Mendoza, J., Sandoval-Castro, J., Salcido-Ramos, B.A. y Manzo-Ramos, F. (2010). Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Revista Científica de América Latina. pp 339-336.
- Pernezny, K., Roberts, P.D. y Murphy, J.F. (2003) *Compendium of Pepper Diseases*. St. Paul, Minnedota: The American Phytopathological Society; pp 73.
- Rodríguez, C.T. (2015). Evaluación del rendimiento y calidad de tomate uva variedad Sweet Hearts bajo dos sistemas de poda en condiciones de invernadero. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro, México. 62p.
- Rodríguez, M., Alcántar, G., Aguilar, A., Etchevers, J. y Santizó, J. (1998). Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. Chapingo, México. 16(2): 135 – 141.

- Rodríguez, R. y Tavares, R.Y. (2001). Cultivo moderno del tomate. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. España. 255p.
- Sañudo, R. (2013). El cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y el potencial endoófico de diferentes aislados de *Beauveria bassiana*. Tesis de Maestría, Sinaloa. 70p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). Boletín mensual de producción de tomate rojo en el año agrícola 2018-2019. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/documentos/boletin-mensual-de-avances-de-la-produccion-de-tomate-rojo-jitomate>. Consultado en junio 2020.
- Taveira, A. (2005). Fibra de coco: Una nueva alternativa para la formación de plantas. Revista Brasileira de Reproducción de Plantas 28 (5): 275 - 277.
- Teitel, M., Atias, M. and Barak, M. (2010). Gradients of temperature, humidity and CO₂ along a fan-ventilated greenhouse. Biosystems Engineering 106: 166-174.
- Vera, D.H.E., Vera, B.C.G. y Bello, I.P. (2015). Efecto de poda de tallo en el rendimiento del híbrido de tomate Miramar F1. Revista ESPAMCIENCIA 6: 71-75.
- Villamán, M.A. (2011). Efecto de tres tipos de poda sobre el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicum esculentum*) para producción. Universidad de la Frontera Facultad de Ciencia Agropecuaria y Forestal. Cautín, Chile. 35p.