

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA

EFFECTO DE PODAS A DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

TESIS QUE PRESENTA:

Carlos Alberto Ruiz Santiago

Yadira Verónica Castro Sernas

Para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA

EFFECTO DE PODAS A DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

TESIS QUE PRESENTA:

Carlos Alberto Ruiz Santiago

Yadira Verónica Castro Sernas

Para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

La presente tesis titulada: **EFFECTO DE PODAS A DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO**, fue realizada bajo la dirección del comité de asesores indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

DIRECTOR:

M. C. EDILBERTO ARAGÓN ROBLES



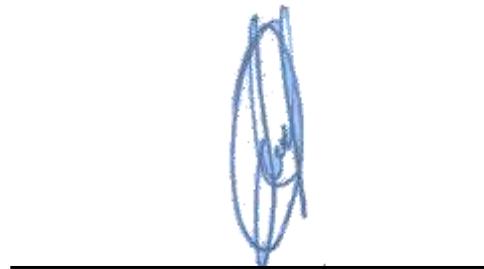
ASESORA:

M.C. GRACIELA ZÁRATE ALTAMIRANO



ASESOR:

ING JORGE SORIANO HURTADO



2.3.1 Color	14
2.3.2 Acidez y pH.....	15
2.3.3 Sólidos totales y sólidos solubles.....	16
2.4 Poda	17
2.4.1 Poda de formación.....	17
2.4.2 Poda de yemas o chupones	18
2.4.3 Poda de hojas bajas	19
2.4.4 Poda a un eje	20
2.4.5 Poda de brotes	21
2.5 Conducción y poda en tomate bajo condiciones de invernadero	21
2.6 Despunte	22
2.6.1 Niveles de despunte y densidades de población	23
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1 Descripción del diseño experimental	26
3.1.1 Descripción de los tratamientos.....	27
3.1.2 Distribución de los tratamientos en campo	27
3.1.3. Identificación de bloques y tratamientos.....	29
3.1.4. Tamaño de muestra.....	29
3.1.5. Variables de estudio.	30
3.1.5.1. Conteo y toma de datos en flores por racimo	30
3.1.5.2. Variable Diámetro polar y ecuatorial en frutos seleccionados.....	31
3.1.5.3. Variable número de frutos por racimo.....	32
3.1.5.4. Toma de datos a variable peso total y de grados Brix del fruto	32
3.1.5.5. Análisis de datos	33
3.2 Manejo del cultivo	34
3.2.1 Preparación del terreno	34
3.2.2 Sistema de riego.....	35
3.2.3 Trasplante.....	35
3.2.4 Control de plantas competidoras.	36
3.2.5 Tutorio	36
3.2.6 Eliminación de tallos secundarios.....	37
3.2.7 Despuntes	38
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39

4.1 Análisis de varianza y prueba de medias Tukey a los efectos de los tratamientos de las variables de estudio	39
4.1.1 Variable diámetro polar	39
4.1.2 Variable Diámetro ecuatorial.....	40
4.1.3 Variable número de flores.....	43
4.1.4 variable número de frutos cuajados.....	43
4.1.5 Variable peso final del fruto.....	44
4.1.6 Variable Grados Brix.....	45
4.1.7 Variable porcentaje de polinización	46
4.2 Asociación de variables evaluadas y ajuste a modelos lineales y no lineales	47
4.2.1. Correlación y modelo lineal entre variables: Diámetro ecuatorial vs Diámetro polar.	47
4.3 Descripción de crecimiento de frutos de tomate desde el cuajado hasta el corte.....	49
4. 3.1. Comportamiento de crecimiento del fruto en la variable diámetro ecuatorial	49
4.3.2 Comportamiento de crecimiento del fruto en la variable diámetro polar.	50
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
5.1 conclusiones.....	52
5.2 Recomendaciones	54
CAPITULO VI. LITERATURA CITADA	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Descripción de los tratamientos evaluados.....	27
2	Análisis de varianza de las diferentes variables evaluadas.....	42
3	Prueba de medias.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Esquema de crecimiento de planta indeterminada y plantas de tomate cultivadas en invernadero de crecimiento indeterminado.....	14
2	Esquema planta a un sólo eje, más un eje modificado.....	20
3	Distribución de las camas y los bloques.....	28
4	Distribución de los tratamientos en el Diseño en Bloques Completos Aleatorios.....	28
5	Identificación de los tratamientos en los diferentes bloques.....	29
6	Variable número de flores por racimo.....	31
7	A) Medición de frutos a las variables diámetro ecuatorial y polar de frutos al inicio.....	31
7	B) intermedio del crecimiento.....	31
8	Variable número de frutos por racimo.....	32
9	A) Materiales y refractómetro para medición de grados brix.....	33
9	B) Peso del fruto.....	33
9	C) Medición y escala.....	33
10	A) Invernadero tipo Baticenital.....	34
10	B) Incorporación de composta a las camas.....	34
11	Actividad de tutorado.....	37
12	Prueba de Medias Tukey a la variable diámetro polar.....	40
13	Pruebas de medias Tukey a la variable diámetro ecuatorial.....	41
14	Pruebas de medias Tukey a la variable número de flores.....	43
15	Pruebas de medias Duncan a la variable número de frutos cuajados.....	44

16	Pruebas de medias Tukey a la variable peso final.....	45
17	Pruebas de medias Tukey a la variable grados brix.....	46
18	Pruebas de medias Tukey a la variable % de polinización.	47
19	Asociación o coeficiente de correlación de la variable dependiente, diámetro ecuatorial (ancho del fruto) y la variable independiente diámetro polar (largo del fruto) en los diferentes tratamientos evaluados.....	48
20	Curva de crecimiento del diámetro ecuatorial del fruto.....	50
21	Curva de crecimiento del diámetro polar del fruto.....	51

RESUMEN

En un invernadero ubicado en la Villa de Zaachila, Oaxaca, se estableció un área experimental, Se utilizó un Diseño en Bloques Completos al Azar, con un arreglo de 9 bloques y 4 unidades experimentales por bloque, cada uno con un metro cuadrado de superficie. Se estableció el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de la variedad Aquiles F1, con el objetivo de determinar el efecto de podas tempranas a diferentes densidades de siembra, en variables de rendimiento: diámetro polar del fruto, diámetro ecuatorial, n.º. de flores, n.º. de frutos cuajados, peso final, °Bx, y % de polinización. La evaluación de los datos se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA), corroborando con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System). Se realizó la comparación de medias con las pruebas Tukey y Duncan. Los resultados obtenidos fueron; diámetro polar y ecuatorial del fruto, los tratamientos 2, 3 y 4 resultaron ser estadísticamente iguales entre ellos y superiores al tratamiento 1 indicando que la densidad óptima resultó ser el tratamiento 3, variable número de flores se determinó diferencia significativa estadísticamente, el tratamiento 4 resultó ser superior al resto. Número de frutos cuajados y % de polinización, no hubo diferencia significativa estadísticamente. Peso final, se determinó diferencia significativa estadísticamente, el tratamiento 4 resultó ser superior al resto. Grados brix hubo diferencia significativa estadísticamente, los tratamientos 1, 2 y 3 resultaron ser estadísticamente iguales y superiores al tratamiento 4. Estableciendo altas densidades de siembra con menor número de racimos, podemos controlar el desarrollo de las plantas y los frutos, tiene un escape a plagas y enfermedades, acortamiento del ciclo del cultivo.

SUMMARY

In a greenhouse located in the Village of Zaachila, Oaxaca, an experimental area was established, using the design of 'Azar' full blocks, an arrangement of nine blocks and four experimental pieces per block, each with a square meter surface. Tomato crop was established (*Solanum lycopersicum L.*) of the variety Achilles F1, in order to determine the effect of early pruning at different densities in performance variables: polar diameter of the fruit, equatorial diameter, no. of flowers, no. of fruit set, final weight °Bx, and % of pollination. The evaluation of the data was performed by analysis of variance (ANOVA), corroborating with the SAS (Statistical Analysis System). The comparison was carried out with the Tukey and Duncan tests. The results obtained were; polar and equatorial diameter of the fruit, treatments 2, 3 and 4 were statistically equal to each other and superior to treatment 1 indicating that the optimal density was treatment 3, variable number of flowers determined statistically significant difference, the treatment 4 turned out to be superior to the rest. Number of fruit set and % of pollination, no statistically significant difference. Finally, a statistically significant difference was determined, treatment 4 was found to be superior to the rest. There was a statistically significant difference with degrees' brix, treatments 1, 2 and 3 were statistically equal to and superior to treatment 4. By establishing high planting densities with fewer bunches, we can control the development of plants and fruits, avoiding pests and diseases that shorten the crop cycle.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como propósito determinar el tiempo del ciclo productivo en sistema convencional, teniendo como ventajas el escape a diferentes enfermedades, mejor calidad del producto y disminución del costo de operación, el cual se estableció en el Centro de Educación Tecnológica Agropecuaria (CBTa 78), ubicado en la Villa de Zaachila, Oaxaca en el periodo marzo-agosto del 2019.

El tomate *Solanum lycopersicum* L, pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta herbácea anual, de origen centro y sudamericano. Actualmente es cosmopolita, cultivada para consumo fresco e industrializado (Allende *et al.*, 2017). Estimaciones de la FAO indican que el tomate es la hortaliza más cultivada e importante en el mundo, siendo de consumo fresco e industria los dos

principales destinos de producción, alcanzando en 2013; 4.7 millones de hectáreas y una producción de 164 millones de toneladas (Allende *et al.*, 2017).

A nivel nacional, el cultivo de tomate presenta una alta rentabilidad, lo que ha permitido que experimente hace más de una década un sostenido desarrollo, incorporando tecnologías importadas desde países donde el cultivo es tradición y vanguardia (mediterráneo). No obstante, hoy la estrechez de mercado sumado a los altos volúmenes de comercialización, especialmente la introducción del cultivo en invernaderos para consumo fresco, colocan al rubro en un nivel altamente competitivo, forzando a los agricultores a manejar costos y a aumentar la búsqueda de mercados externos para mantener la rentabilidad (Allende *et al.*, 2017).

En el estado de Oaxaca en el año 2018 se contó con una producción de tomate de 68,290 toneladas en las 472 hectáreas sembradas con reporte de 0 siniestradas, así obteniendo un rendimiento de 144.63 ton-ha⁻¹ (SIAP, 2018), la única limitante que se han encontrado los productores de tomate en el estado es la variabilidad en el precio y la inestabilidad del mercado, debido a que el producto no puede estacionarse mucho tiempo y a veces se ven en la necesidad de bajar el precio y con ello recuperar parte de la inversión.

En la villa de Zaachila según datos de la SAGARPA en el año 2018, se contó con una producción de 695 toneladas en las 7 ha., registradas con un rendimiento por hectáreas de 102.98 ton, constituyendo una actividad destacable en relación con el rendimiento en la comunidad.

La presencia de enfermedades es la principal limitante en la región para una mejor producción y rendimiento debido a que los periodos del cultivo son demasiado largos y permiten el desarrollo de las enfermedades a etapas críticas y también que el ciclo biológico de plagas se cumpla, con el acortamiento del tiempo de ciclo de producción nos asegura una fecha de cosecha estable y precisa y así con ello encontrar un mejor precio del producto en el mercado y el escape a plagas y enfermedades. El sistema está planeado con respecto a los objetivos siguientes.

1.1 Objetivo general.

- Determinar el efecto de podas tempranas a diferentes densidades de siembra en variables de calidad en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero.

1.2 Objetivos específicos.

- Evaluar el efecto de podas tempranas a (1,2,3 y 8) (racimos por planta) a diferentes densidades de siembra (16,12,8,3) (plantas por m²) respectivamente, en variables de rendimiento: diámetro polar, ecuatorial y peso final en fruto.
- Evaluar el efecto de podas tempranas a (1,2,3 y 8) (racimos por planta) a diferentes densidades de siembra (16,12,8,3) (plantas por m²) respectivamente, sobre número de flores por racimo y frutos cuajados.
- Determinar la calidad de fruto con respecto a los grados (°Bx), realizando podas tempranas (1,2,3 y 8) y densidades de siembra (16,12,8,3) (plantas por m²) respectivamente.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Dentro de la horticultura mundial, el cultivo de tomate constituye uno de los rubros de mayor dinamismo. De la familia de las Solanáceas, es una planta herbácea cuyo hábito de crecimiento puede ser determinado o indeterminado y, sobre esta base, ser cultivada de diversas formas y la cosecha ser planificada según objetivo, pudiendo encontrar producciones destinadas a procesos industriales o a consumo fresco, siendo esta última la de mayor diversificación productiva, debido a que el tomate puede ser cultivado en una alta gama de condiciones durante todo el año (Allende *et al.*, 2017).

2.1 Morfología de la planta

2.1.1 Tallo

El tallo, al igual que en muchas plantas superiores, es una continuación de la raíz. Generalmente mide entre 2 y 4 centímetros en la base de la planta y es más delgado en la parte superior donde se están formando nuevas hojas y racimos florales. El tallo también está conformado por epidermis, que contiene pelos glandulares, corteza, cilindro vascular (xilema) y tejido medular (Escobar y Lee 2009).

2.1.2 Hojas

Compuesta e imparipinnada, con folíolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y consta de un nervio principal (Cepeda, 2009).

2.1.3 Flor.

Las flores se reúnen en inflorescencias en racimos, más o menos grandes. Las flores son de color amarillo y los pétalos en número variables de 5 a 6, se abren en torno a los órganos reproductivos masculinos, encerrados en un tronco de cono, del que sobresale el estigma (Boffelli y Sirtori, 2007).

La apertura de las flores y la formación de los frutos en el racimo no sucede simultáneamente, si no que produce gradualmente, en especial en las variedades en las que el racimo está compuesto por un gran número de flores (Boffelli y Sirtori, 2007).

Tras la floración la estructura inferior y de sostén de los racimos se hace, más gruesa, mucho más consistente, dependiendo del número y del peso que alcanzaran los frutos al madurar. Sobre todo, en las variedades cultivadas en invernadero o bajo túnel, la fase de floración y la posterior fecundación de las flores suponen algunas dificultades provocadas por la insuficiente luminosidad y ventilación (Boffelli y Sirtori, 2007).

2.1.4 Fruto.

El fruto del tomate está constituido por un 94-95% de agua. El restante 5-6% es una mezcla compleja en la que predominan los constituyentes orgánicos, los cuales dan al fruto su sabor característico y su textura. El fruto tarda de 60 a 70 días desde la antesis (cuajamiento) hasta el momento de la cosecha (Escobar y Lee 2009).

2.1.4.1 Características generales.

El fruto del tomate es una baya biopluricarpelar que se desarrolla a partir de un ovario de unos 5 a 10 mg y alcanza un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y los 500 g, en función de la variedad y las condiciones de desarrollo (Chamarro, 1995).

Según Civera (1990), el fruto del tomate de propósito industrial, es de forma ovalada o tipo pera, con un peso promedio unitario de 60 gramos. Las principales características cualitativas evaluables para un tomate de este tipo son el color, pH, acidez, azúcar y características organolépticas.

2.1.4.2 Desarrollo del fruto.

El desarrollo embrionario en muchas angiospermas ocurre comúnmente con el desarrollo del ovario en un órgano especializado, el fruto, el cual provee un ambiente adecuado para la maduración de la semilla y a menudo un mecanismo para la dispersión de ésta al alcanzar la madurez (Civera, 1990).

El desarrollo del fruto consta de tres fases: la primera se refiere al desarrollo del ovario y la formación del fruto; la segunda fase se refiere a la división celular, la formación de la semilla y desarrollo temprano del embrión; y por último la tercera etapa consta de la extensión de la célula y la maduración del embrión (Civera, 1990).

2.1.4.3 Mecanismo de particionamiento de asimilados.

El contenido de carbohidratos en el tomate es el principal determinante de la calidad y valor en el cultivo, tanto en el producto destinado a fresco como para el industrial. El patrón de crecimiento de la planta sugiere que existe una prioridad definida en el particionamiento de asimilados entre los diferentes órganos en crecimiento (Young, *et al.*, 1993).

La prioridad del particionamiento de asimilados de todos los órganos depósito puede ser determinada por el potencial intrínseco de la fuerza como depósito en éstos. La cantidad de sólidos solubles presentes en el fruto depende del potencial fisiológico y genético de éstos para desarrollarlos. Existen factores que pueden influir en este proceso, como son alta área foliar, nivel de asimilados exportados por las hojas, nivel de importación de asimilados y metabolismo de carbohidratos de la fruta (Young, *et al.*, 1993).

El rendimiento está determinado por el balance entre la fuerza de las fuentes y depósitos de la planta y, por otro lado, la calidad viene dada por el transporte y metabolismo del azúcar. La fuerza del depósito del fruto se ve principalmente afectada por la actividad de éste. El principal mecanismo que implica la actividad de depósitos es el ascenso de la sacarosa por el floema, luego de la hidrólisis de la misma, y por último, la biosíntesis y almacenamiento de carbohidratos (Young, *et al.*, 1993).

2.1.4.4 Acumulación de almidón

El almidón y materiales estructurales son las principales formas en las que se almacena el carbono importado. El nivel de almidón aumenta en las primeras etapas de desarrollo del fruto, pero luego hay una reducción a cero en la

maduración avanzada, debido a su conversión a azúcares más simples (Young *et al.*, 1993).

2.2 Hábitos de crecimiento en las plantas de tomate

La planta de tomate inicia su crecimiento a partir de un tallo principal, formando entre 5 y 10 hojas antes de producir el primer racimo floral. Luego, comienzan a diferenciarse dos hábitos de crecimiento de la planta: el crecimiento indeterminado y el crecimiento determinado (Escobar y Lee 2009).

2.2.1 Tomates de crecimiento determinado.

Son plantas cuyos tallos principales y lateral detienen su crecimiento después de un determinado número de inflorescencias, según la variedad. Son de porte bajo y compacto y producen frutos durante un periodo relativamente corto. Su crecimiento se detiene después de la aparición de varios racimos de flor con la formación de un último racimo apical. La cosecha puede realizarse de una a tres veces durante el ciclo de cultivo (López, 2017).

El crecimiento determinado se produce cuando en el ápice caulinar detiene el desarrollo formando dos inflorescencias consecutivas. El crecimiento es a baja altura denominándose “tomate botado”. La finalidad de este tipo de tomate es

para uso industrial como los tomates para salsa y en algunas variedades para consumo fresco (Allende *et al.*, 2017).

En las plantas de crecimiento determinado, hay una fuerte brotación de yemas axilares y se producen menor número de hojas (una o dos) entre los racimos florales. Se caracterizan por alcanzar una longitud máxima de dos metros y desarrollar una inflorescencia por cada hoja. En estas plantas la producción se maneja dejando varios tallos que se desarrollan simultáneamente. La mayoría de las variedades para tomate de procesamiento o industria tienen hábito de crecimiento determinado ya que su corta estatura facilita los procesos de cosecha mecanizada (Escobar y Lee 2009).

2.2.2 Tomates de crecimiento indeterminado

Son plantas cuyos tallos principales y lateral crecen en un patrón continuo, siendo la yema terminal del tallo la que desarrolla el siguiente tallo. La floración, la fructificación y la cosecha se extienden por periodos muy largos, por lo que son usualmente cultivadas en invernaderos o casas sombra con tutoreo. Poseen condiciones adecuadas para un crecimiento continuo, dado que forman hojas y flores de manera ilimitada. La aparición de flores en los racimos y su grado de desarrollo son escalonados: las primeras flores del racimo pueden estar totalmente abiertas, mientras que las últimas aún no se abren. En Costa Rica son

utilizadas en plantaciones a campo abierto para disponer de cosecha durante un periodo de tres a cuatro meses (López, 2017).

En plantas de crecimiento indeterminado, se forma en la axila de la hoja más joven (la que está inmediatamente por debajo del racimo floral más reciente) una yema vegetativa que continúa el crecimiento y desplaza esta hoja a una posición por encima del racimo floral más reciente y sigue su crecimiento formando tres o cuatro hojas y luego un nuevo racimo floral (Escobar y Lee 2009).

A partir de ahí el proceso se vuelve repetitivo, pues debajo de la nueva inflorescencia surge una yema que desarrolla nuevamente 3 o 4 hojas y un nuevo racimo floral y así sucesivamente se repite esta secuencia de crecimiento hasta que las condiciones sean favorables. De esta forma, las plantas de crecimiento indeterminado pueden crecer indefinidamente alcanzando longitudes mayores a 5 metros. Generalmente requieren sistemas de soporte o “tutorado” para mantenerse erectas. La producción de frutos se maneja a lo largo de toda la planta y para evitar la proliferación de nuevos tallos, deben podarse continuamente los nuevos brotes axilares (Escobar y Lee 2009).

El crecimiento indeterminado se produce cuando el ápice caulinar crece en forma consecutiva (“n” simpodios) (Figura 1). El crecimiento es guiado o tutorado hasta alcanzar una altura que dependerá del nivel productivo del cultivo, deteniendo su

crecimiento a través del despusnte. Dentro de este tipo de tomates se encuentra la mayoría de variedades utilizadas para consumo fresco. Dado que este tipo de plantas crece de forma indeterminada se debe “colgar” la planta para facilitar su manejo y conducción (Allende *et al.*, 2017).

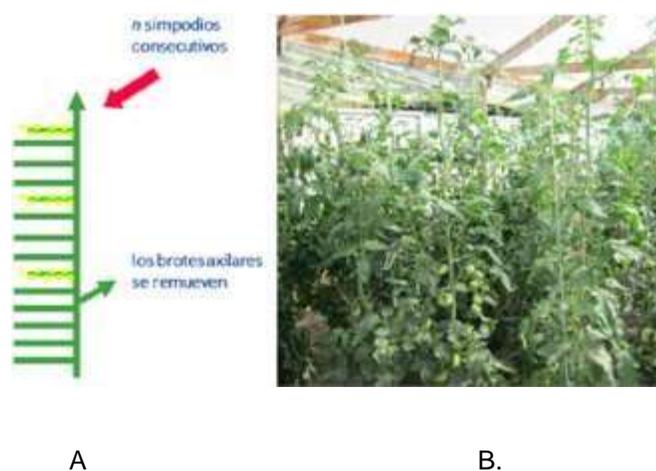


Figura 1. (A) Esquema de crecimiento de planta indeterminada. (B) plantas de tomate cultivadas en invernadero de crecimiento indeterminado (Allende *et al.*, 2017).

2.3 Parámetros de calidad

2.3.1 Color

El color es un factor muy importante en cuanto al tomate para uso industrial. Éste debe ser de un color rojo intenso y uniforme. El color verde de los tomates inmaduros se debe a la presencia de clorofila. Luego este pigmento se degrada y se sintetizan pigmentos amarillos, principalmente xantofilas y β -caroteno. A continuación, el fruto del tomate adquiere una coloración roja, debido a la rápida

acumulación de licopeno. El β -caroteno contribuye de manera importante en el color del fruto en sus primeras etapas de maduración, alcanzando su valor máximo poco antes del total desarrollo del color (Chamarro, 1995)

2.3.2 Acidez y pH

La acidez es esencial para la obtención de frutos de buena calidad para la agroindustria. Su concentración debe ser lo suficientemente alta para tener un pH menor a 4.4, y de esta manera evitar los problemas causados por los organismos termófilos (*Clotridium botulinum*) (Young *et al.*, 1993).

El pH del zumo se sitúa normalmente entre 4.2 a 4.4. Si el pH es superior, se pueden presentar problemas en la esterilización (Diez, 1995).

La elevación de pH hace necesario recurrir a 14 tratamientos térmicos más severos por encima de los 100°C, para obtener una buena esterilización frente a estos organismos termófilos (Civera, 1990).

Los ácidos más abundantes presentes en la maduración del fruto son el ácido cítrico y málico. Desde que el fruto está verde maduro hasta rojo maduro, la acidez alcanza un máximo, lo cual está marcado con la aparición de la

pigmentación amarilla; luego de esto sigue un decrecimiento progresivo en la acidificación mientras dura la maduración (Young, *et al.* 1993).

2.3.3 Sólidos totales y sólidos solubles

El porcentaje de sólidos totales en el fruto de tomate corresponde de 5 a 7,5%. Dentro de los sólidos, el 25% está dado por compuestos insolubles, como celulosa y proteínas; el 75% restante corresponde a sólidos solubles, los cuales son de gran importancia para la calidad industrial del tomate (Civera, 1990).

En cuanto a la economía, el contenido de sólidos solubles representa el parámetro de mayor importancia en la producción de concentrados, mientras mayor sea el valor de residuo de la materia prima, menor será la cantidad de tomate necesario para la obtención de la misma cantidad de producto final con un menor costo de producción (Civera, 1990).

La cuantificación de sólidos solubles totales en tomate como peso seco, es una técnica difícil de evaluar en una planta de proceso en forma rutinaria. Este parámetro está relacionado con la cantidad de sólidos solubles, medido como índice de refracción expresado en grados Brix. Los sólidos solubles de un tomate para proceso pueden variar de 4 a 6 grados Brix (Bezert, 1994).

2.4 Poda

La poda tiene como propósito lograr un balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (frutos). Asimismo, optimiza el espacio y reduce problemas sanitarios, obteniendo mayor precocidad, entre otros. Los sistemas que se usan son variados, pero en esencia responden a dos criterios: dejar la producción en ramas laterales o en el eje principal (Allende *et al.*, 2017).

La poda es la práctica de remover cualquier tipo de estructura de la planta. El principal objetivo de las podas es balancear el crecimiento reproductivo y vegetativo, permitiendo que los foto-asimilados se canalicen hacia los frutos, pero también tiene otros beneficios principalmente de tipo fitosanitario. Básicamente existen cuatro tipos de podas (Escobar y Lee 2009).

2.4.1 Poda de formación

Mediante esta poda se decide el número de tallos que va a tener la planta. Lo aconsejable para variedades de crecimiento indeterminado es la poda a un solo tallo, ya que la planta es más vigorosa y se facilita su tutorado y manejo. En caso de que se tome la decisión de dejar dos tallos en la planta, se deben escoger los dos tallos más vigorosos. El tallo más vigoroso es el principal y el segundo tallo

es aquél que aparece inmediatamente por debajo de la primera inflorescencia (Escobar y Lee 2009).

Dentro de los manejos de formación que se realizan a la planta de tomates destaca la poda, la cual consiste en la eliminación de los brotes laterales que salen desde las axilas de las hojas, dejando solamente el eje principal de la planta. Las plantas de tomate se pueden manejar a 1, 2, 3 y 4 ejes, dependiendo del vigor de la variedad, ya sea por la utilización de porta injerto o variedades vigorosas (Allende *et al.*, 2017).

2.4.2 Poda de yemas o chupones

Las yemas axilares, también llamadas chupones, son pequeños brotes que crecen en el punto de inserción entre el tallo principal y los pecíolos de las hojas que se deben eliminar manualmente antes de que se desarrollen demasiado (< 5 cm). Esto evitará que tomen parte de los nutrientes que son importantes para el fruto. Además, al eliminarlos cuando aún son pequeños, se reduce el tamaño de las heridas y así la probabilidad de ataque de hongos, especialmente de *Botrytis cinerea* (Escobar y Lee 2009).

Para evitar la eliminación accidental del punto de crecimiento de la planta al confundirlo con un chupón, únicamente se deben eliminar los chupones que

están por debajo del último racimo floral que se ha formado. A medida que el cultivo se desarrolla, la proliferación de chupones disminuye y su control se puede hacer con menos frecuencia. Poda de flores y frutos La poda de flores y frutos ayuda a balancear el crecimiento vegetativo con el generativo, para optimizar el número y el tamaño de los frutos en el racimo y a lo largo de la planta (Escobar y Lee 2009).

2.4.3 Poda de hojas bajas

A medida que las plantas maduran y se cosechan los frutos de los racimos más inferiores, las hojas más antiguas situadas en esta zona comienzan a amarillarse y a morir. Éstas deben ser eliminadas para permitir una mejor ventilación y bajar a su vez la humedad relativa en la base de las plantas (Cepeda, 2009).

La eliminación de estas hojas se debe comenzar al finalizar la recolección de los frutos del segundo racimo, y de ahí en adelante se deben seguir podando a medida que maduran los racimos. La poda se puede hacer simplemente partiéndolas con los dedos al nivel del tallo para evitar al máximo las cicatrices y se deben retirar inmediatamente del invernadero para eliminar cualquier infección (Cepeda, 2009).

2.4.4 Poda a un eje

Este tipo de poda es común en Chile y tiene como propósito obtener una producción más concentrada. Se deja solamente el eje central eliminando los brotes laterales que salen en la zona de la axila de las hojas. También existe la posibilidad de realizar una variante en este tipo de poda llamada eje modificado, la cual consiste en dejar crecer el brote lateral por sobre el primer racimo floral y, una vez que este nuevo brote genere su primer racimo, se despunta en la segunda hoja sobre el racimo (Figura 2.) (Guzmán *et al.*, 2017).

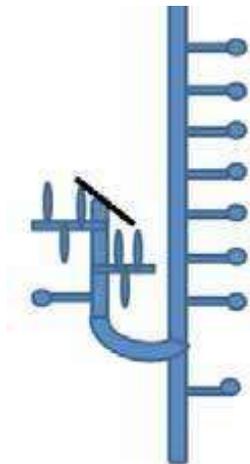


Figura 2. Esquema planta a un sólo eje, más un eje modificado (Allende *et al.*, 2017).

2.4.5 Poda de brotes

Este manejo consiste principalmente en la eliminación de brotes axilares o secundarios a lo largo de la planta, para dejar sólo al eje (s) principal (es), con el fin de mantener la arquitectura de la planta, generando un equilibrio entre el volumen de materia vegetal y el volumen de aire dentro del invernadero (Allende *et al.*, 2017).

La poda de brotes se realiza en forma periódica a lo largo del cultivo y se puede hacer manualmente cuando los brotes son menores a 10 cm. Cuando son más grandes, es recomendable la utilización de herramientas como tijeras finas. Se recomienda realizar estas labores en la tarde, ya que en este horario existe una alta temperatura entre 20 y 25°C y una humedad ambiental bajo el 50%, lo que permite una cicatrización más rápida de las heridas del corte de los brotes, y de esta forma, se disminuye el porcentaje de ocurrencia de enfermedades (Cepeda, 2009).

2.5 Conducción y poda en tomate bajo condiciones de invernadero

La conducción y poda del tomate se realiza de acuerdo al hábito de crecimiento de la variedad y el potencial productivo del cultivo. El propósito de estos manejos

es maximizar la eficiencia del uso de la luz (EUL) por parte de la planta, para que todas sus hojas reciban la luz a lo largo de su perfil y la conviertan en asimilados (carbohidratos) que se transporten principalmente al fruto. A través de un adecuado y equilibrado manejo de conducción y poda se reduce el sombramiento e incrementa la aireación entorno al cultivo, obteniendo un mayor rendimiento y calidad de fruta (Cepeda, 2009).

2.6 Despunte

Este manejo es utilizado para detener el crecimiento de la planta, a través de la eliminación del ápice de crecimiento cortando el brote apical del eje principal. Este manejo ayuda a controlar la altura de la planta y la cantidad de racimos que se desean producir, con el propósito de incrementar y homogenizar calibre, como también adelantar la maduración del fruto (precocidad). El despunte se realiza en una o dos hojas sobre el último racimo, con el propósito de evitar el daño por golpe de sol (Allende *et al.*, 2017).

Se ha validado un nuevo sistema o paquete tecnológico de producción de jitomate en hidroponía que reúne características de muy altos rendimientos por unidad de superficie y calidad de fruto, con menos problemas fitosanitarios, que resulta factible desde el punto de vista técnico y redituable económicamente, a partir de pequeñas superficies. En dicho paquete el manejo del cultivo de jitomate

se realiza de manera muy diferente a la convencional en invernadero. Consiste en conducir la planta a un solo tallo y despuntar (eliminar la yema terminal) de las plantas para dejar tan solo uno, dos, o tres racimos por planta (Sánchez y Ponce, 1998).

Además de la mayor productividad potencial anual por la obtención de más ciclos de cultivo por año, se destacan otras dos ventajas importantes para el manejo a uno y dos racimos por planta: la primera es la mayor probabilidad de escapar a enfermedades por el acortamiento del ciclo y la segunda es la de concentrar toda la cosecha de un ciclo en un corto intervalo de tiempo, lo que permite programarla para las ventanas en que el precio del producto es mayor, incrementando notablemente la redituabilidad económica para el productor (Sánchez y Ponce, 1998).

2.6.1 Niveles de despunte y densidades de población

En muchos ensayos experimentales y comerciales se han estado comparando tratamientos con diferentes niveles de despunte (despunte para dejar uno, dos o tres racimos por planta) y diferentes densidades de población dentro de cada nivel de despunte; de 6 a 15 plantas por m² de superficie útil en sistemas a tres racimos por planta, de 9 a 25 plantas por m² de superficie útil en sistemas a dos racimos por planta, y de 10 a 36 plantas por m² de superficie útil en sistemas a un racimo por planta (Cancino, 1990; Sánchez y Corona, 1994; Sánchez y Ponce,

1998; Sánchez *et al.*, 1998; Ucán, 1998; Sánchez *et al.*, 1999; Jorge, 1999; Muñiz, 2000) citado por (Sánchez del Castillo. *et al*, 2004)

En un estudio sobre varios aspectos generales de las relaciones entre fuente y demanda, con el sistema de despunte para dejar dos o tres racimos por planta a densidades de población de 16 y 12 plantas·m², respectivamente, (Sánchez (1994) citado por (Sánchez del Castillo. *et al*, 2004) mostró que los primeros racimos formados rindieron 25% más que los segundos o los terceros. En el caso de plantas con tres racimos el número de frutos cosechados en los primeros racimos fue también estadísticamente mayor al de los segundos o terceros (Sánchez y Ponce, 1998).

La práctica de despunte reduce la altura, modifica el hábito de crecimiento de indeterminado a determinado y concentra la producción de frutos en menos racimos; con ello el menor rendimiento por planta se compensa con más plantas por unidad de superficie (lo cual es posible debido a la menor área foliar por planta), y se reduce el ciclo del cultivo del sistema convencional que es de más de 200 días, y se incrementa la eficiencia productiva (Pardosi *et al.*, 1988; Sánchez y Ponce, 1998; Sánchez *et al.*, 1999). Citado por (Sánchez del Castillo.*et al*, 2004)

La eliminación de brotes laterales reduce la competencia interna por agua y fotoasimilados, y el tutorado ayuda al soporte de la planta a la vez que mejora la iluminación del dosel (Nuez 1995) citado por (Sánchez del Castillo. *et al*, 2004).

Considerando la flexibilidad que presenta para su manejo el cultivo de jitomate, se consideró importante plantear la hipótesis de que se puede incrementar la productividad anual a escala comercial haciendo despuntes para dejar una sola inflorescencia pero incrementando la densidad de la población (alrededor de 24 plantas·m⁻²), ya que, aunque se logaran rendimientos similares a los sistemas de dos o tres racimos por planta o en los sistemas convencionales sin despunte, se podrían obtener potencialmente más ciclos de cultivo por año (Sánchez y Ponce, 1998).

La densidad de siembra, junto con otras técnicas de cultivo, determinante de la intercepción de radiación solar por el cultivo, a fin de convertir la energía solar en biomasa (Castilla 2001) citado por (carrillo. *et al*, 2003). Optimizar mediante una intercepción de radiación adecuada, la producción de biomasa es clave para maximizar la producción cosechable. La densidad de siembra dependerá del desarrollo del cultivo, el cual estará influenciado principalmente por el cultivar elegido, sus características de crecimiento indeterminado o determinado, poda y en tutorado empleados, tipo y fertilidad de suelo, disposición y tipo de riego, y climatología del ciclo elegido. (carrillo. *et al*, 2003).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del diseño experimental

El experimento se estableció en el Centro de Educación Tecnológica Agropecuaria CBTa N° 78 de la Villa de Zaachila, Oaxaca de Juárez, en el periodo de marzo - agosto del 2019. En un invernadero de 500 m², para el cual se utilizaron 3 camas con medidas de 26 m de largo y 0.8 m de ancho; resultando un área de 20.8 m² (Anexo 1).

El diseño utilizado fue un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA), con 9 bloques (repetición), con una longitud de 6 m y cuatro unidades experimentales por bloque, de 1.3 m de largo por 0.8 m de ancho resultando 1.0 m², al cual se le signo un tratamiento, estableciendo un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de la variedad Aquiles F1.

3.1.1 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos se mencionan en el Cuadro 1. Así mismo se estableció un efecto de orilla de dos metros de longitud en cada cabecera de la cama la cual fue plantada con la densidad utilizada en el resto del invernadero.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Descripción.
T1	Densidad de siembra de 16 plantas·m ⁻² y despunte a 1 racimo
T2	Densidad de siembra de 12 plantas·m ⁻² y despunte a 2 racimos
T3	Densidad de siembra de 8 plantas·m ⁻² y despunte a 3 racimos
T4 (como testigo)	Densidad de siembra de 3 plantas·m ⁻² y despunte a 8 racimos

3.1.2 Distribución de los tratamientos en campo.

En el experimento se establecieron 3 camas y en cada una se dividieron en 3 bloques generando un total de 9 bloques, en cada uno se distribuyeron de manera aleatorizada los 4 tratamientos (Figura 3) generando un total de 36 unidades experimentales, quedando distribuidas de la siguiente forma según Figura 3 y 4.

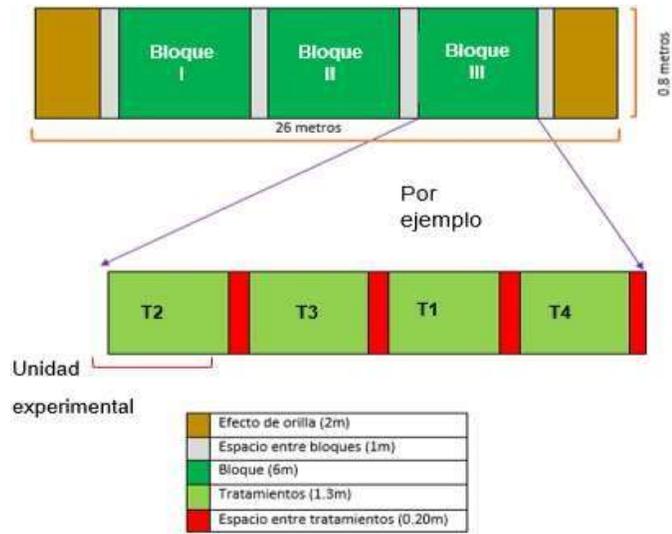


Figura 3. Distribución de las camas y los bloques

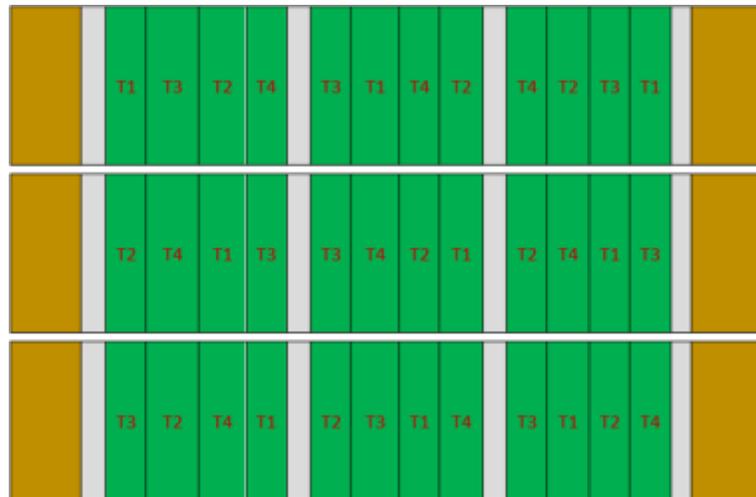


Figura 4. Distribución de los tratamientos en el Diseño en Bloques Completos Aleatorios.

3.1.3. Identificación de bloques y tratamientos.

Se establecieron paletas de identificación de bloques y tratamientos en las unidades experimentales utilizadas, con el fin de identificar el número de plantas seleccionada a las cuales se les tomaron las variables de estudio (Figura 5).



Figura 5. Identificación de los tratamientos en los diferentes bloques.

3.1.4. Tamaño de muestra.

Esta actividad se realizó con ayuda de etiquetas plásticas, para identificación en el número de planta muestreada y ayudando en el monitoreo de las variables y en el registro de datos, se seleccionó el 50% de las plantas por cada tratamiento

con excepción del tratamiento 4 el cual se tomó el 100% de las plantas, debido a la cantidad pequeña de las plantas por unidad experimental.

3.1.5. Variables de estudio.

Las variables evaluadas fueron de rendimiento y características fenológicas de la planta como:

- a) **Numero de flores y cuajados por racimo.**
- b) **Numero de frutos por racimo y planta.**
- c) **Diámetro polar y ecuatorial del fruto**, con la utilización del vernier digital en unidad de cm, obteniendo la muestra semanalmente.
- d) **Peso del fruto**, obtención del dato con báscula digital portátil en unidad de gramos (gr), obteniendo el peso después de cada corte.
- e) **Grados Brix**, con la utilización del refractómetro una vez cosechado el fruto y realizada la solución del mismo.

3.1.5.1. Conteo y toma de datos en flores por racimo

Se realizó el conteo y la toma de datos del número de flores por cada racimo de cada tratamiento y bloque de las plantas seleccionadas y marcadas anteriormente, para el registro de datos (Figura 6).



Figura 6. Variable número de flores por racimo

3.1.5.2. Variable Diámetro polar y ecuatorial en frutos seleccionados

La toma de datos en la variable longitud polar y ecuatorial del fruto, se realizó con ayuda de un vernier digital de la marca Steren, realizando la toma de datos semanalmente una vez que el fruto alcanzo un tamaño considerable (Figura 7).



Figura 7. A) Medición de frutos a las variables diámetro ecuatorial y polar de frutos al inicio B) intermedio del crecimiento.

3.1.5.3. Variable número de frutos por racimo.

Para la obtención del número de frutos por racimo en cada tratamiento, se inició el conteo cuando estuvieron recién cuajados, se etiqueto un fruto de cada racimo a los cuales se les realizo el seguimiento de longitud y diámetro del fruto por semana hasta el momento de la cosecha (Figura 8).



Figura 8. Variable número de frutos por racimo.

3.1.5.4. Toma de datos a variable peso total y de grados Brix del fruto.

Esta actividad se realizó una vez cortado el fruto muestreado de cada racimo. Para medir los grados Brix se utilizó un refractómetro realizando una pequeña incisión a la muestra y extrayendo su jugo colocando una pequeña gota en la parte final del refractómetro y en contra luz observar la escala de medición. (Figura 9).



Figura 9. A) Materiales y refractómetro para medición de grados Brix, B) Peso de fruto, C) Medición y escala.

3.1.5.5. Análisis de datos

Para el estudio de los resultados de las variables estudiadas se utilizó el análisis de varianza y las pruebas de medias tukey y Duncan como análisis estadístico, así mismo se realizaron graficas de barras o histogramas, Así mismo se realizaron ajustes a modelos lineales y no lineales, determinados a través del coeficiente determinístico o R^2 .

3.2 Manejo del cultivo.

3.2.1 Preparación del terreno

Se inició con el arreglo y acomodo de 12 camas dentro del invernadero, de las cuales solo se utilizaron 3 para el experimento las camas resultantes quedaron de 80 cm de ancho, con un espacio entre ellas de 70 cm. A cada cama se le incorporo 500 kg de composta, con el fin de mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Figura 10)



Figura 10 A) Invernadero tipo Baticenital B) Incorporación de composta a las camas

Posteriormente se realizó la desinfección de la estructura del invernadero con solución de cloro al 1%, utilizando una mochila de aspersion de 20 l de capacidad, terminada la desinfección de la estructura se comenzó con la desinfección del suelo por medio del sistema de riego con una solución de (Dioxi-Cl-35) solución 1 y 2 previamente activadas en una cubeta de 20 l de agua para después vaciarlo en los tanques de riego y esparcido por los emisores al suelo directamente.

Después de realizar esta actividad se restringió la entrada de personal y de cualquier agente infectante al invernadero durante 7 días.

3.2.2 Sistema de riego.

El riego para el cultivo de tomate en las unidades experimentales se suministró por cintilla de calibre 8000 con emisores a 20 cm, utilizando 2 cintillas por cama para un riego adecuado y suficiente sobre todo en las unidades de alta densidad de siembra, permitiendo una mejor distribución de la humedad y cubriendo el requerimiento hídrico por planta.

3.2.3 Trasplante

Las unidades experimentales contaron con diferentes densidades de siembra conteniendo 16, 12, 8 y 3 plantas·m⁻², por lo que se utilizaron plántulas de la variedad Aquiles F1 a 35 días en almácigo. Se plantó a una profundidad de 6 cm (lo largo del cepellón) y con ello se evitó que la planta muriera o presentara problemas en su desarrollo.

Terminada la cantidad de 384 plantas en el área experimental se procedió a regar la superficie trasplantada para evitar un estrés hídrico por manejo y trasplante. Se aplicó el fungicida Previcur energy (propamocarb + fosetil) a las plantas

después del trasplante para evitar problemas de damping off o cualquier enfermedad causada por hongos y así asegurar el prendimiento de las plantas con un adecuado desarrollo y aceptación del trasplante.

La primera dosis de fertilización que fue a los 8 días después del trasplante (ddt) con dosis inicial de 200 g de nitrato de calcio, 139 g de sulfato de potasio, 73.89 g de sulfato de magnesio y 16 g de ácido fosfórico a una porción de 450 l de agua para un total de 1600 plantas.

3.2.4 Control de plantas competidoras.

Las actividades de eliminación de plantas competidoras con el cultivo, se realizó una semana después del trasplante y monitoreo periódicamente, cuando se presentaron nuevamente se realizó de igual manera la eliminación de las mismas.

3.2.5 Tutoreo

El tutoreo de plantas de tomate se realizó una vez dada la altura que presentaban para evitar daños al tallo principal. Utilizando materiales reutilizables como carrizo y rafia tomatara en forma de espalderas con resultados poco satisfactorios

a la demanda de peso de planta, posteriormente se optó por cambiarlo a madera sólida y con estructura reforzada con tirantes paralelos para mejor soporte de la planta (Figura 11).



Figura 11. Actividad de tutorado.

3.2.6 Eliminación de tallos secundarios.

Se realizó la eliminación de tallos secundarios (chupones) para evitar el mal aprovechamiento de nutrientes y enfocarse a un solo tallo para lograr el objetivo del experimento en número de tallo y racimos por planta, la cual se realizó semanalmente.

3.2.7 Despunte

Esta actividad se efectuó cuando se presentaron de dos a tres hojas en la planta por encima del racimo floral utilizados (1,2,3 u 8), dependiendo de la unidad experimental (tratamiento) en la que se realizó la actividad, con ayuda de tijeras de poda y solución de cloro al 3% para desinfección de la tijera en cada corte realizado y así evitando la propagación de enfermedades. Después de cada despunte se aplicó caldo bordelés como sellador y con ello se evitó la entrada de fitopatógenos y desarrollo de alguna enfermedad.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de varianza y prueba de medias Tukey a los efectos de los tratamientos de las variables de estudio.

4.1.1 Variable diámetro polar

Una vez realizado el análisis de varianza a la **variable diámetro polar** del fruto al momento del corte, se determinó que hubo diferencia significativa estadísticamente, por lo que la densidad poblacional si afectó el diámetro polar del fruto. Con respecto al efecto de bloque el análisis indica que, si hay diferencias significativas, por lo que el diseño que se aplicó fue adecuado ya que redujo posibles efectos externos que pudieran influir sobre las variables de estudio (Cuadro 2).

Motivo por el cual se utilizó la prueba de medias Tukey (Cuadro 3), quien identifico diferencias indicando que los tratamientos 2,3 y 4 resultaron ser estadísticamente

iguales y superiores al tratamiento 1, este último tratamiento correspondió a una alta densidad de 16 plantas por m^{-2} y con un solo racimo a corte, por lo que esta alta densidad redujo considerablemente la longitud o diámetro polar del fruto. Así mismo se observa en la Figura 12, que la densidad óptima resulto ser el tratamiento 3, correspondiente a una densidad de 8 plantas por m^2 y con 3 racimos a corte, lo que significa que esta densidad fue la que mayor contribución al diámetro polar se obtuvo con un valor de 6.9 cm.

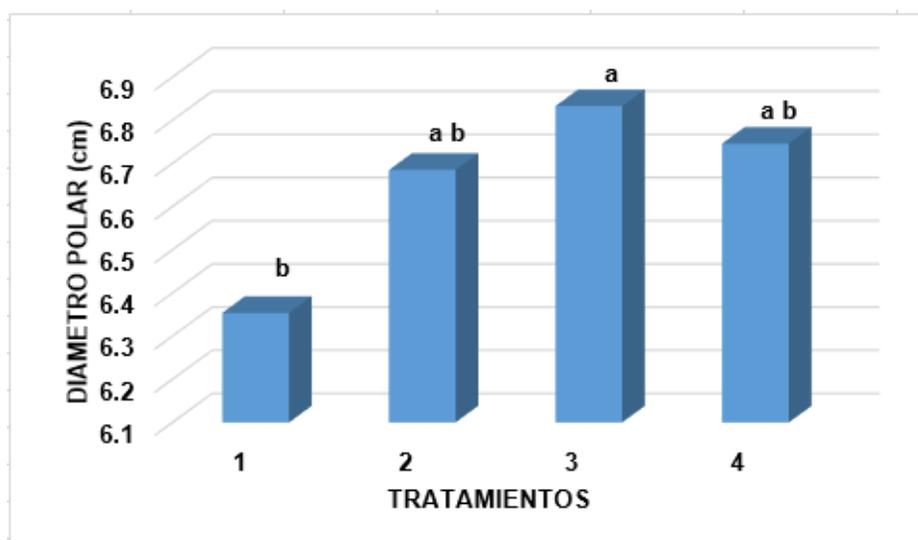


Figura 12. Prueba de Medias Tukey a la variable diámetro polar.

4.1.2 Variable Diámetro ecuatorial.

Al realizar el análisis de varianza a los efectos de los tratamientos a la variable **Diámetro ecuatorial del fruto**, se determinó diferencia significativa estadísticamente, por lo que la densidad de plantas por metro cuadrado, si afecta el diámetro ecuatorial del fruto (Cuadro 2), En la Figura 13 se observa que los

tratamientos 2, 3 y 4, resultaron ser estadísticamente iguales y superiores al tratamiento 1. Por lo anterior se puede señalar que este último tratamiento en donde se estableció una alta densidad de 16 plantas por m^2 y a primer racimo a corte, fue el de menor diámetro ecuatorial de 4.6 cm. Así mismo se observa en dicha figura que el tratamiento 3 correspondiente a una densidad de 8 plantas en m^2 y a 3 racimo para corte, es el que tuvo mayor valor numérico de diámetro ecuatorial con 5.2 cm.

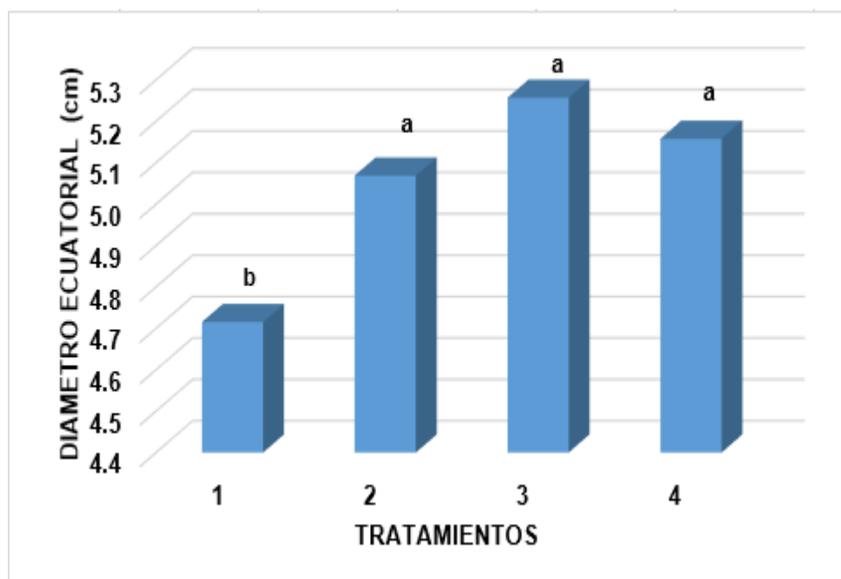


Figura 13 Pruebas de medias Tukey a la variable diámetro ecuatorial

Cuadro 2. Análisis de varianza de las diferentes variables evaluadas.

VARIABLES	TRATAMIENTOS			BLOQUES		
	F Calculada	F Tablas	Significancia	F Calculada	F Tablas	Significancia
Diámetro polar del fruto	3.911	3.009	*	3.614	2.355	*
Diámetro ecuatorial del fruto	7.463	3.009	*	4.104	2.355	*
No. de flores	5.820	3.009	*	0.269	2.355	NS
No. de frutos cuajados	1.696	3.009	NS	0.481	2.355	NS
Peso final	8.274	3.009	*	1.898	2.355	NS
Grados Brix	3.449	3.009	*	2.783	2.355	*
Porcentaje de polinización	0.828	3.009	NS	1.047	2.355	NS

* = Significativo NS= No Significativo

Cuadro 3. Prueba de medias.

VARIABLE	T1	T2	T3	T4	
Diámetro polar del fruto	b	a b	a	ab	(Tukey)
Diámetro ecuatorial del fruto	b	a	a	a	(Tukey)
Numero de flores	b	b	a b	a	(Tukey)
Numero de frutos cuajados	a	a	a	a	(Duncan)
Peso final	c	b c	a b	a	(Tukey)
Grados brix	a	a b	a b	b	(Tukey)
Porcentaje de polinización	a	a	a	a	(Duncan)

4.1.3 Variable número de flores.

Al realizar el análisis de varianza a los efectos de los tratamientos a la variable: **número de flores**, se determinó diferencia significativa estadísticamente, por lo que la densidad de plantas por metro cuadrado, si afecta el número de flores (Cuadro 2). En la figura 14 se observa que el tratamiento 4 resulto ser superior al resto de los tratamientos. Por lo anterior se puede señalar que este tratamiento con una densidad de 3 plantas por metro cuadrado se contabilizo un número mayor de flores 8.4 en promedio.

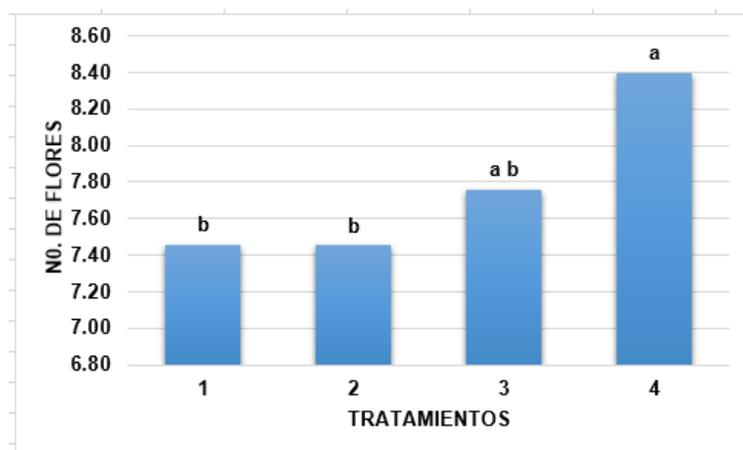


Figura 14. Pruebas de medias Tukey a la variable número de flores.

4.1.4 variable número de frutos cuajados.

Una vez realizado el análisis de varianza a la variable **número de frutos cuajados**, se determinó que no hubo diferencia significativa estadísticamente

(Cuadro 2), por lo que la densidad poblacional no afecta el número de frutos cuajados, motivo por el cual se utilizó la prueba de medias Duncan (Cuadro 3), quien no identificó mínima diferencia indicando que los 4 tratamientos resultaron ser estadísticamente iguales, como se observa en la Figura 15.

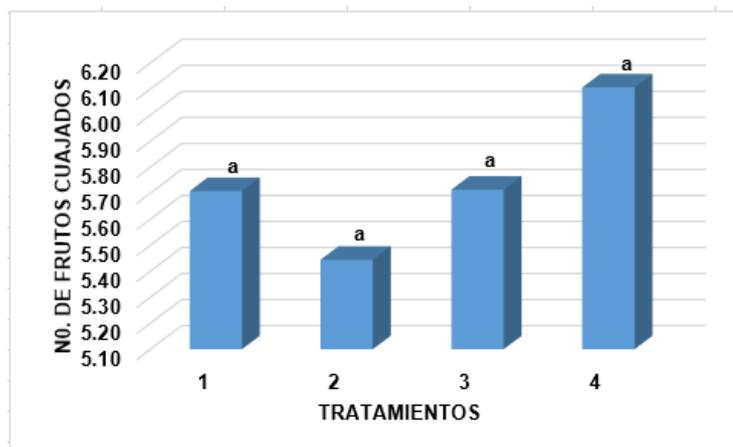


Figura 15. Pruebas de medias Duncan a la variable número de frutos cuajados.

4.1.5 Variable peso final del fruto.

Al realizar el análisis de varianza a los efectos de los tratamientos a la variable: **peso final del fruto** al momento del corte, se determinó diferencia significativa estadísticamente, por lo que la densidad poblacional si afecta el peso final del fruto (Cuadro 2). En la Figura 16 se observa que el tratamiento 4 resultó ser estadísticamente superior al resto de los tratamientos. Por lo anterior se puede señalar que este tratamiento en donde se estableció una densidad de 3 plantas por m^{-2} a 8 racimos de corte fue el de mayor peso >100 gr.

En donde el tratamiento 1 fue a una alta densidad de 16 plantas por m^{-2} resulto con el menor peso <80 gr.

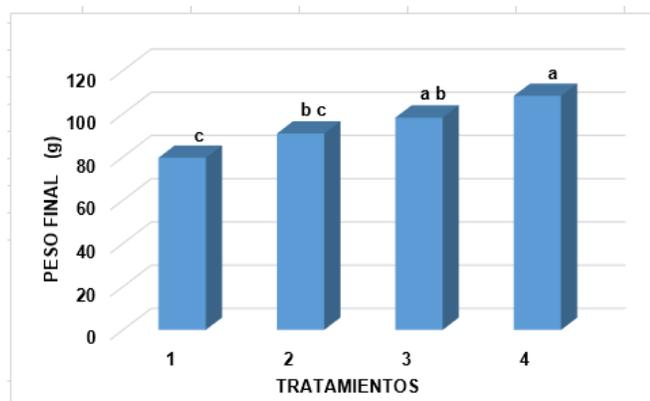


Figura 16. Pruebas de medias Tukey a la variable peso final.

4.1.6 Variable Grados Brix.

Al realizar el análisis de varianza a la variable **grados Brix** al momento del corte, se determinó que hubo diferencia significativa estadísticamente, por lo que la densidad poblacional si afecto los grados Brix del fruto (Cuadro 2), motivo por el cual se utilizó la prueba de medias Tukey (Cuadro 3), quien identifico diferencias indicando que los tratamientos 1,2,3 resultaron ser estadísticamente iguales y superiores al tratamiento 4. Este último tratamiento se estableció con una densidad de siembra de 3 plantas por m^{-2} obteniendo un valor de 4.05. Así mismo se observa que el tratamiento 1 correspondiente a 16 plantas por m^{-2} y a un racimo por corte es el que tuvo el mayor valor numérico 4.45 (Figura 17)

indicando que entre más grados Brix obtenga el fruto, posee mayor cantidad de azúcares, por lo tanto, resultan frutos menos ácidos.

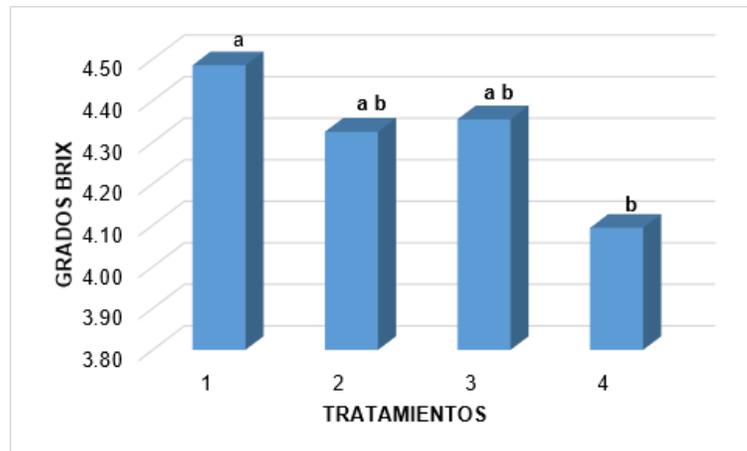


Figura 17. Pruebas de medias Tukey a la variable grados Brix.

4.1.7 Variable porcentaje de polinización.

Una vez realizado el análisis de varianza a la variable: **porcentaje de polinización**, se determinó que no hubo diferencia significativa estadísticamente (Cuadro 2), por lo que la densidad poblacional no afecta el porcentaje de polinización, motivo por el cual se utilizó la prueba de medias Duncan (Cuadro 3), quien no identificó mínima diferencia indicando que los 4 tratamientos resultaron ser estadísticamente iguales, como se observa en la Figura 18.

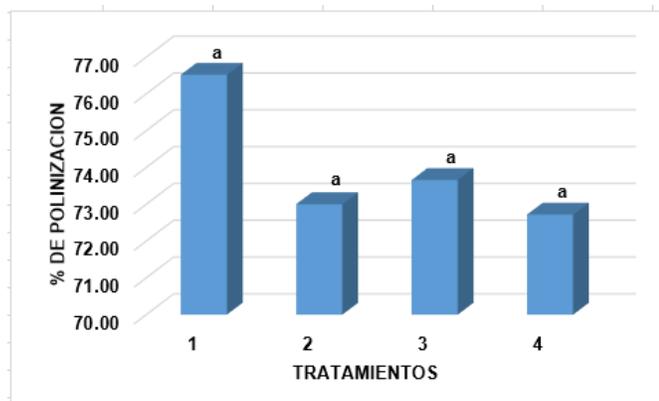


Figura 18. Pruebas de medias Tukey a la variable % de polinización.

4.2 Asociación de variables evaluadas y ajuste a modelos lineales y no lineales

4.2.1. Correlación y modelo lineal entre variables: Diámetro ecuatorial vs Diámetro polar.

Para determinar el grado de asociación entre la variable **Diámetro polar vs Diámetro ecuatorial**, se determinó a través del coeficiente de correlación. Este análisis estadístico se aplicó a todos los tratamientos evaluados, obteniendo los siguientes resultados: en la Figura 19, se observa que los tratamientos 1, 2, y 4, el coeficiente de correlación “r” fueron superiores al 0.80, lo que significa que más del 80% de las muestras tuvieron este comportamiento de que al incrementar el diámetro el polar se incrementa el diámetro ecuatorial, obteniendo frutos más largos y como consecuencia más anchos

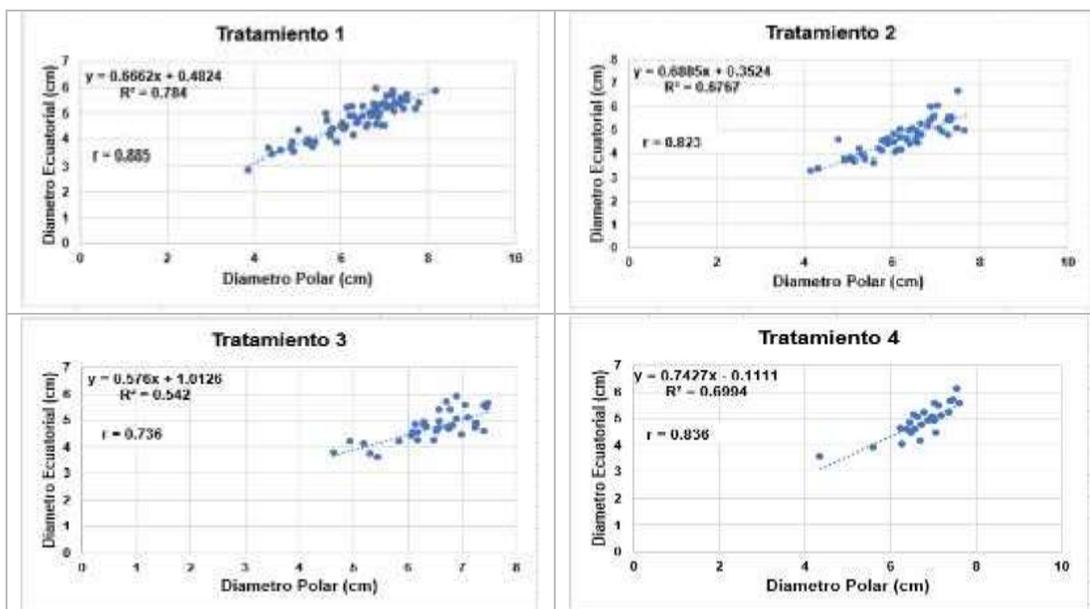


Figura 19. Asociación o coeficiente de correlación de la variable dependiente, diámetro ecuatorial (ancho del fruto) y la variable independiente diámetro polar (largo del fruto) en los diferentes tratamientos evaluados.

A la dispersión de puntos de la variable dependiente (Diámetro ecuatorial) e independiente (Diámetro polar), se le aplicaron modelos lineales y no lineales obteniendo los siguientes resultados: en la Figura 19 se observa solo el modelo lineal que corresponde al modelo con mayor valor obtenido en el coeficiente determinístico o R^2 , lo que significa que es el de mayor precisión que tiene sobre las variables evaluadas.

Para describir mejor el comportamiento de este modelo, se realizará a través de la ecuación del tratamiento 1, en donde $Y = 0.4824 + 0.666x$, esto significa que por cada unidad o cm que aumente de diámetro polar o largo el fruto, implicaría de manera directa un incremento en el diámetro ecuatorial o ancho de 0.666 cm.

4.3 Descripción de crecimiento de frutos de tomate desde el cuajado hasta el corte.

4. 3.1. Comportamiento de crecimiento del fruto en la variable diámetro ecuatorial

Al aplicar modelos lineales y no lineales a los datos semanales del crecimiento en cuanto al diámetro ecuatorial o ancho en frutos de tomate, observándose lo siguiente; de la semana 1 a la 3, existe un incremento en dicha variable por lo que en las tres primeras semanas es en donde se desarrolla más el diámetro ecuatorial, a partir de la semana 4 a la 7 disminuye su pendiente pero sigue incrementando su diámetro en menor cantidad, en la última semana se dejó de medir ya que el fruto inicio su madurez para corte.

Al aplicar el ajuste a los modelos lineales y no lineales. El modelo Logaritmo natural (Ln), fue el modelo con mayor predicción de los datos de la variable evaluada, ya que el valor del coeficiente determinístico $R^2= 0.98$ siendo el más alto con respecto al resto de los modelos evaluados. La ecuación de predicción de dicho modelo corresponde a la siguiente: $Y=11.686 + 20.175 \text{ Ln}(x)$, en dicha ecuación solo es necesario sustituir en la variable $X=$ semana el valor para obtener el diámetro ecuatorial en dicha fecha, por lo que dicha ecuación realiza una predicción al respecto.

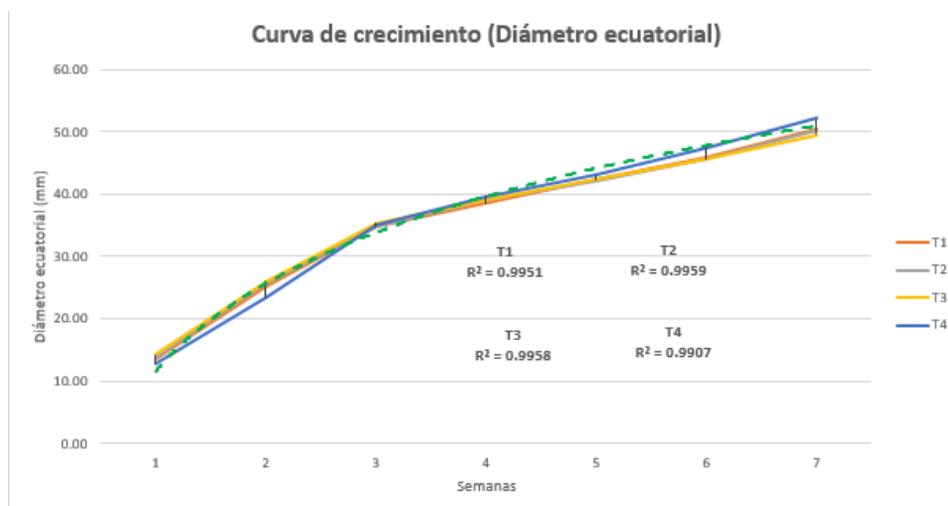


Figura 20. Curva de crecimiento del diámetro ecuatorial del fruto.

4.3.2 Comportamiento de crecimiento del fruto en la variable diámetro polar.

Al aplicar modelos lineales y no lineales a los datos semanales del crecimiento en cuanto al diámetro polar o largo en frutos de tomate, observándose lo siguiente; de la semana 1 a la 3, existe un incremento en dicha variable por lo que en las tres primeras semanas es en donde se desarrolla más el diámetro polar, a partir de la semana 4 a la 7 disminuye su pendiente pero sigue incrementando su diámetro en menor cantidad, en la última semana se dejó de medir ya que el fruto inicio su madurez para corte.

Al aplicar el ajuste a los modelos lineales y no lineales. El modelo Logaritmo natural (Ln), fue el modelo con mayor predicción de los datos de la variable evaluada, ya que el valor del coeficiente determinístico $R^2= 0.99$ (Figura 21), fue

el más alto con respecto al resto de los modelos evaluados. La ecuación de predicción de dicho modelo corresponde a la siguiente: $Y=22.184 + 25.104 \ln(x)$, en dicha ecuación solo es necesario sustituir en la variable $X=$ semana el valor para obtener el diámetro polar en dicha fecha, por lo que dicha ecuación realiza una predicción al respecto.

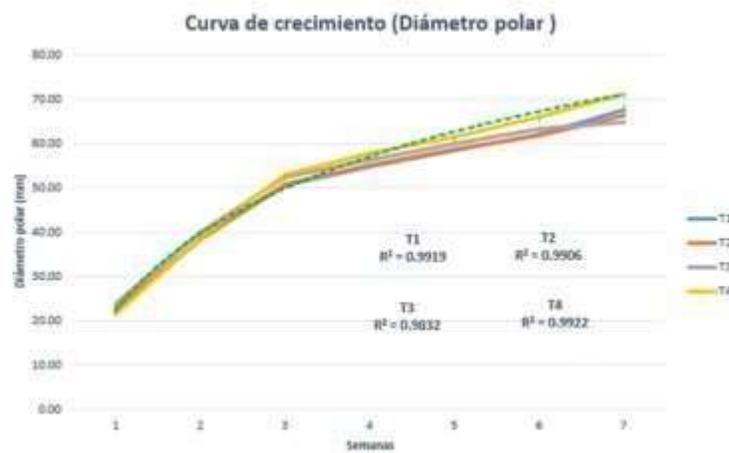


Figura 21. Curva de crecimiento del diámetro polar del fruto.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 conclusiones.

- El análisis de varianza identificó diferencias significativas en las variables: diámetro polar, diámetro ecuatorial, número de flores, peso final de frutos y grados Brix.
- Solo las variables; número de frutos cuajados y porcentaje de polinización, resultaron ser no significativas.
- La prueba de medias determinó que para las variables: diámetro polar y ecuatorial los mejores tratamientos resultaron ser 2,3, y 4., de estos, el tratamiento 3 (8 plantas m^{-2} y 3 racimos a corte fue superior numéricamente al resto de los tratamientos), por lo que se concluye que el tratamiento 1 (16 plantas en m^{-2} y un racimo a corte) redujo el diámetro polar y diámetro ecuatorial de manera significativa.

- Para la variable peso final, la prueba de medias determino que los mejores tratamientos resultaron ser 3 y 4 de estos, el tratamiento 4 (3 plantas por m^2 y 8 racimo a corte) fue superior numéricamente al resto de los tratamientos, por lo que se concluye que el tratamiento 1 (16 plantas por m^{-2} y 1 racimo a corte) redujo el peso final de manera significativa.
- La prueba de medias determino para la variable grados Brix que los mejores tratamientos resultaron ser 1, 2 y 3. de estos el tratamiento 1 (16 plantas por m^{-2} y 1 racimo a corte) fue superior numéricamente al resto de los tratamientos, concluyendo que el tratamiento 4 (3 plantas por m^{-2} y 8 racimos a corte) resulto ser de menor valor numéricamente.
- La prueba de medias determino que para las variables: Numero de frutos cuajados y porcentaje de polinización, todos los tratamientos resultaron ser estadísticamente iguales. Con lo cual se concluye que las diferentes densidades de plantación no influyeron numéricamente en las variables de manera significativa.
- La prueba de medias determino que para la variable número de flores los mejores tratamientos resultaron ser 3 y 4. De estos, el tratamiento 4 (3 plantas por m^{-2} y 8 racimos a corte), resulto ser mayor numéricamente al resto de los tratamientos por lo que se concluye que el tratamiento 1 y 2 (16 plantas por m^{-2}

² y 1 racimo a corte y 12 plantas por m⁻² y 2 racimo a corte) redujeron el número de flores de manera significativa

5.2 Recomendaciones

- Para obtener un mejor riego es recomendable utilizar cintilla hidrogel con espaguetis y difusores en vez de utilizar cintilla ya que con ello se obtiene un riego más uniforme a mayor densidad de plantas por m². En el tutoreo de las plantas es mejor trabajar con bastidores de madera ya que se facilita el manejo y estéticamente tiene una mejor apariencia que al utilizar carrizo.
- En cuanto a la aleatorización al azar de los tratamientos no es tan necesaria ya que hubo dificultad al momento del tutoreo y también en el fertirriego ya que hubo tratamientos en los cuales el requerimiento era mayor y otro menor por ello es mejor trasplantar tratamientos con mayor número de plantas en una sola cama y tratamientos con menor número de plantas en otra cama.
- Es recomendable trabajar con podas hasta el sexto racimo ya que en plantas a 8vo racimo fue muy bajo el porcentaje de polinización y cuajados, hubo frutos de menor tamaño y con una maduración no homogénea, también para evitar enfermedades.

- Se recomienda tener las instalaciones en buen estado y darle un manejo continuo ara evitar la entrada de fauna nociva, ya que puede afectar de gran manera el rendimiento y alterar el experimento.

CAPITULO VI

LITERATURA CITADA

Allende, M., Salinas, L., Rodríguez, F., Olivares, N., Riquelme, S., Antúnez, A.,
Martínez, J. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero.
Santiago, Chile. pp. 11, 80-87.

Bezert, J. 1994. Sistema de pago por calidad de tomate. Universidad Católica de
Valparaíso. Facultad de Agronomía. Curso Internacional de Tomate
Industrial. Viña del Mar. 1-3 diciembre. pp. 7-10.

Boffelli, E., y Sirtori, G. (2007). Los Tomates. Mexico: Editorial De Vecchi.

Carrillo, José Cruz; Jiménez, Felix; Ruiz, Jaime; Díaz, Gustavo; Sánchez,
Prometeo; Perales, Catarino; Arellanes, Anselmo, (2003). Evaluación de
densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en
invernadero: *Agronomía Mesoamericana*, vol 14, (1),pp 85-88.
Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43714112>

- Cepeda, M. S. (2009). El tomate rojo: Cultivo y control parasitologico. Mexico: Trillas. Recuperado el 2018
- Chamarro, J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. In: Nuez. El cultivo del tomate. Madrid, Mundi-Prensa. pp. 43-91.
- Civera, A. 1990. El tomate de industria, técnica y variedades en la mecanización para su recolección. Agrícola Vergel p: 955-963.
- Diez, M.J. 1995. Tipos varietales. In: Nuez. El cultivo del tomate. Madrid, Mundi-Prensa. pp 93-129.
- Escobar, H., y Lee, R. (2009). *Manual de producción de tomate bajo invernadero* (2a ed.). Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. pp. 14-28.
- Guzmán, A., Corradini, F., Martínez, J., Abarca, P. (2017). Manual de cultivo del tomate al aire libre. Santiago, Chile.
- López, L. (2017). Manual técnico del cultivo de tomate (N.C.). instituto nacional de innovación y transferencia en tecnología agropecuaria,11-65
- Rivera, A. (2002). Producción de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill) bajo diferentes condiciones de manejo, con fertirriego (tesis). Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca N° 23, Oaxaca, México.
- SIAP. 2018. Obtenido de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Oaxaca. Disponible en:

http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do.
Consultado, marzo, 2019.

Sánchez, F., Osuna, T., Livera, M., Carrillo, J., Gonzalez, V., Villegas, J. (2004). Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a densidades de población en dos sistemas de producción. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27 (4), 333 – 338.

Sánchez, F., Ponce, J. (1998). Densidad de plantación y nivel de desouste en jitomate (*Lycoersicon esculentum* Mill) cultivado en hidroponía *revista Chapingo serie horticultura*, 4(2), 89-93.

Young, T., Juvik, J and Sullivan, J. 1993. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118:286-292.