

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**EFFECTO DE LA TOPOLOGÍA EN EL RENDIMIENTO, CALIDAD  
Y RENTABILIDAD DEL TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)  
EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO.**

**TESIS**

**QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE  
ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA DE INVERNADEROS**

**PRESENTA**

**IRVING CESAR ORTIZ VÁZQUEZ**

**C.U. QUERÉTARO, QRO. NOVIEMBRE 2011**



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

Especialidad en ingeniería de invernaderos

Efecto de la topología en el rendimiento, calidad y rentabilidad del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en un sistema de producción bajo invernadero.

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Especialidad en Ingeniería de Invernaderos

**Presenta:**

Irving Cesar Ortiz Vázquez

**Dirigido por:**

Dr. Enrique Rico García

**SINODALES**

Dr. Enrique Rico García

Presidente

M.C. Adán Mercado Luna

Secretario

Dr. Genaro Soto Zarazúa

Vocal

M.I. Edgar Quevedo Martínez

Suplente

Dr. Irineo Torres Pacheco

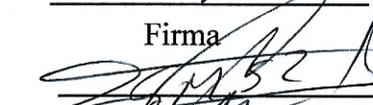
Suplente

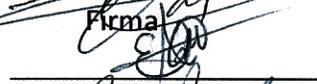
Dr. Gilberto Herrera Ruiz

Director de la Facultad

  
Firma

  
Firma

  
Firma

  
Firma

  
Firma

Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval  
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Noviembre, 2011  
México

## RESUMEN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las principales hortalizas cultivadas en el mundo. México es una de los principales productores y exportadores y ocupa el segundo lugar con el 18% de las exportaciones mundiales, siendo la hortaliza que más divisas produce al país. Por otro lado, es también el cultivar que demanda mayor uso de mano de obra comparado con otros cultivos protegidos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la topología (cama de cultivo y sistema de tutoreo) en la mano de obra, calidad y rendimiento en una producción de tomate variedad Saladette (DKR 2197) bajo invernadero. Se evaluaron cinco topologías o tratamientos: (T1) testigo consiste en trasplantar en cama profunda y un sistema de tutoreo de 3.10 m denominado tutoreo alto; (T2) bordo con tutoreo de 3.10 m; (T3) bolsa de cinco litros y tutoreo de 3.10 m; (T4) tutoreo bajo de 2.0 m; el tratamiento (T5) carro y tutoreo de 3.10 m en el cual se emplea un carro para actividades culturales. En los tratamientos T1, T2, T4 y T5 se utilizó suelo como sustrato, en el tratamiento (T3) se utilizó piedra pómez. La densidad de planta fue homogénea para los cinco tratamientos (3.3 plantas/m<sup>2</sup>). Como diseño experimental se utilizó bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones y un factor de variación. El experimento se llevó a cabo de enero a agosto del 2011, tuvo lugar en 1000 m<sup>2</sup> dentro de un invernadero 5600 m<sup>2</sup>. Las variables evaluadas fueron tiempo empleado para las actividades culturales, calidad y rendimiento para cada topología. A partir de los resultados el mejor tratamiento fue el T4. Concluye que la topología influye directamente en la cantidad de mano de obra a emplear, en la vida productiva de las plantas y en el costo-beneficio de los tratamientos, ya que se presentan diferentes rendimientos, calidades y costos de mano de obra en cada una de las topologías durante el cultivo.

(Palabras clave: Mano de obra, beneficio-costo, vida útil del cultivar.)

## SUMMARY

Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) is one of the main crops grow in the world. México is one of the chief producers and exporters and occupies second place with 18% of the world's exports. It is the crop that produces the most currency for the country. On the other hand, it is also crops that demands the more labor time compared with other crops. The objective of this research was to evaluate the effect of topology (arrangement of plants and tutor system) on labor time, quality and yield in a production of Saladette tomatoes (DKR 2197) under greenhouse conditions. Five topologies or treatments were evaluated: (T1) consist on a deep bed and tutor system at 3.10 m; (T2) bump bed with tutor system at 3.10 m; (T3) five liter bag and tutor system at 3.10 m; (T4) low tutor system at 2.00 m; (T5) cultural activities car with tutor system at 3.10 m. For treatments T1, T2, T4 and T5 soil was used as a substrate; in treatment (T3) a pumice stone was used.. A density of 3.3 plants per square meter was used. As an experimental design a random distribution was employed with four replicates and only one variation factor (topology). The experiment was carried out from January to August 2011. 1000 m<sup>2</sup> were used inside a 5600 m<sup>2</sup> plastic greenhouse for the distribution of the five treatments. The variables evaluated were time used on crops, quality and yield for each topology directly influences the amount of labor to be employed the productive life of the plants and cost-benefit of the treatments since there are different yields, qualities and labor costs in each of the topologies during cultivation .

(Key words: Labor time, cost-benefit, useful life of the cultivar)

## **AGRADECIMIENTOS:**

A DIOS: Por prestarme la vida y bendecirme con la familia que me ha dado.

A MIS PADRES: Tirso Ortiz Gerónimo y Antonina Vázquez García a quienes debo más que la vida, puesto que con su amor, esfuerzo, dedicación y apoyo he logrado cumplir con las metas que me he propuesto. Siendo ellos las personas que más me impulsaron para realizar esta especialidad.

A MI FAMILIA: Por el cariño y esfuerzo colectivo que me impulsa día con día muy en especial a mis hermanas Cristian carolina Ortiz Vázquez y Alicia Ortiz Vázquez por su comprensión, esfuerzo y apoyo.

A IRENE: Por su Amor, comprensión y cariño así también como su apoyo durante este año en el cual curse la especialidad y su valiosa ayuda en el desarrollo de este trabajo.

A MIS AMIGOS: Karla, Alejandro, Ema y Laura. Por su amistad y la ayuda prestada en todo momento durante la realización de la especialidad.

A MIS COMPAÑEROS: Martha Bety, Don Arturo Arana, Roberto Landeta, Ismael Anaya

A MIS DIRECTORES DE TESIS: Dr. Enrique Rico García y al M.C. Adán Mercado Luna por todo su apoyo y dirección en la realización del presente trabajo.

A TODOS LOS PROFESORES DE LA ESPECIALIADA EN ING. de INVERNADEROS Y AL DR. Gilberto Herrera: Por sus enseñanzas, dedicación, apoyo y compromiso.

A LAS PERSONAS QUE LABORAN EN EL CAMPUS AMAZCALA: A todos aquellos que participaron en el desarrollo del cultivo para esta tesis. Gracias por su colaboración, apoyo y esfuerzo. Muy en especial alas Sras. María, Martina; y a la Lic. Elba por su apoyo.

A MIS SINODALES: Dr. Irineo Torres Pacheco, DR. Genaro Martín Soto Zarazúa y M.I. Edgar Quevedo Martínez por su valioso tiempo y apoyo para mejorar el presente documento.

Agradezco al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada en el periodo enero-Diciembre 2011 para la realización y culminación de la Especialidad en Ingeniería de Invernaderos.

A la Universidad autónoma de Querétaro y a la Facultad de ingeniería por darme la oportunidad de cursar la Especialidad en Invernaderos

A TODOS AQUELLOS QUE NO MENCIONÉ Y QUE BRINDARON SU APOYO BIEN INTENCIONADO Y DESINTERESADO.

**GRACIAS A TODOS**

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
RESUMEN	I
SUMMARY	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
I. INTRODUCCION	1
II REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos generales del cultivo de tomate	3
2.1.1 Origen	3
2.1.2 Taxonomía	3
2.1.3 Descripción Botánica	3
2.1.4 Tomate tipo Saladette	4
2.1.5 Sustrato	4
2.1.6 Requerimientos climáticos	4
2.1.7 Calidad del tomate	5
2.2 Producción y consumo	5
2.2.1 Producción y consumo mundial	5
2.2.2 Producción y consumo nacional	5
2.3 Manejo del cultivo	6
2.3.1 Preparación del suelo	6
2.3.2 Acolchado	6
2.3.3 Trasplante	7
2.3.4 Tutoreo	8
2.3.5 Polinización	10
2.3.6 Medios de polinización	11
2.3.7 Podas	12
2.3.8 Poda de formación	12
2.3.9 Poda de brotes laterales	13
2.3.10 Poda de Hojas	14
2.3.11 Poda apical	14
2.3.12 Aclareo de frutos	15
2.3.13 Cosecha	16
2.4 Principales parámetros de calidad para el tomate	16
2.4.1 Parámetros de calidad externos	16
2.4.1.1 Color	16
2.4.1.2 Forma	17

2.4.1.3 Clasificación por calibres (tamaño)	17
2.5 Antecedentes	18
III OBJETIVOS E HIPOTESIS	21
3.1 HIPÓTESIS	21
3.2 OBJETIVO GENERAL	21
3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
IV METODOLOGIA	22
4.1 Ubicación del área de investigación	22
4.2 Monitoreo de datos climáticos	23
4.3 Establecimiento del cultivo	23
4.3.1 Material vegetal utilizado	23
4.3.2 Producción de plántula	23
4.4 Nutrición del cultivo	24
4.5 Riego	25
4.6 Manejo de del cultivo	26
4.6.1 Manejo de plagas y enfermedades	26
4.6.2 Labores culturales	26
4.6.2.1 Preparación del suelo	26
4.6.2.2 Trasplante	26
4.6.2.3 Trasplante en bolsa	26
4.6.2.4 Trasplante al suelo	27
4.6.2.5 Colocación de hilos a los alambres tutores	27
4.6.2.6 Tutorado y anillado	28
4.6.2.7 Desbrote e hilado	28
4.6.2.8 Poda de hoja y aclareo de fruto	29
4.6.2.9 Polinización	29
4.6.2.10 Cosecha	30
4.6.2.11 Corte de planta y limpia	31
4.7 Diseño y construcción del carro de cultivo	32
4.7.1 Restricciones de diseño	32
4.7.2 Elementos del carro de cultivo	33
4.7.3 Descripción del funcionamiento	33
4.8 Diseño experimental	33
4.9 Variables de respuesta	37
4.9.1 Mano de obra	37
4.9.2 Rendimiento por planta	38
4.9.3 Calidad de fruto	39
4.9.4 Rentabilidad del cultivo	40
4.9.4.1 Relación beneficio-costos	40
4.10 Análisis estadístico	41
V. RESULTADOS Y DISCUSION	42
5.1 Tiempo de las actividades culturales	42

5.1.1 Tiempo total consumido por las diez actividades culturales propuestas	42
5.1.2 Comparativo de tiempo consumido por actividad	43
5.1.2.1 Preparación de topología	43
5.1.2.2 Trasplante	44
5.1.2.3 Puesta de hilo	45
5.1.2.4 Anillado e hilado	45
5.1.2.5 Hilado y desbrote	46
5.1.2.6 Poda de hoja y aclareo	47
5.1.2.7 Polinización	48
5.1.2.8 Bajada de planta	48
5.1.2.9 Cosecha	49
5.1.2.10 Corte de planta y limpia	50
5.2 Rentabilidad en base a la inversión en mano de obra.	50
5.2.1 Relación costo-beneficio	50
5.3.2 Rendimiento acumulado	51
5.4 Calidad de fruto	55
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	61
ANEXO 1	62
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	63

## ÍNDICE DE CUADRO

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
2.1 Clasificación por tamaño para tomate fresco	17
2.2 Niveles de tecnificación de acuerdo a infraestructura de un invernadero, en España	19
4.1 Solución nutritiva stock al 200 % (ml. ó gr) en diferentes proporciones para las etapas fenológicas del cultivo de tomate.	25
4.2 Colores durante la maduración de tomate fresco para mercado.	30
5.1 Posicionamiento de tiempo invertido contra rendimiento por tratamiento.	43
5.2 Velocidad media de recolección (cosechado) de frutos en función del rendimiento	48
5.3 Índice de relación beneficio costo de los tratamientos	49
5.4 Relación costo-beneficio.	50
5.5 Rendimiento del tomate durante la etapa de experimentación (8 semanas) en invernadero de baja tecnología.	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
2.1 Preparación de suelo	6
2.2 Acolchado en el piso del invernadero	7
2.3 Plántulas a trasplantar de tomate	8
2.4 Tutoreo para tomate en invernadero	9
2.5 Accesorios para tutoreo	9
2.6 Abejorro polinizando	11
2.7 Polinización con sopladora	12
2.8 Eliminación de brote axilar	13
2.9 Poda apical	14
2.10 Aclareo de fruto	15
2.11 Cosecha de tomate	16
4.1 Invernadero 5600m <sup>2</sup> campus Amazcala, Facultad de Ingeniería UAQ.	22
4.2 Equipos de monitoreo	23
4.3 Plántula de tomate.	24
4.4 Depositó de recolección de solución de salida	26
4.5 Trasplante en bolsa	27
4.6 Trasplante	27
4.7 Tutorado a. puesta de hilo y amarre de hilo	28
4.7 Tutorado b. Puesta de anillo y amarre de hilo	28
4.8 Hilado	29
4.9 Poda de hoja y aclareo de fruto	29
4.10 Caja con tomate	31
4.11 Corte de planta	31
4.12 Carro de actividades culturales	32
4.13 Distribución de tratamientos	34
4.14 Testigo (t1)	34
4.15 Bordo (t2)	35
4.16 Bolsa (t3)	35
4.17 Tutoreo bajo (t2)	36
4.18 Tabla de control de actividades	38
4.19 Recolección de frutos en madures seis de plantas marcadas	38
4.20 Medición de frutos marcados	39
4.21 Calibres de frutos	40
5.1 Tiempo consumido por tratamiento para las 10 actividades culturales evaluadas.	42
5.2 Tiempo por tratamiento para preparación topología.	43
5.3 Tiempo consumido para el trasplante	44

5.4	Tiempo consumido por tratamiento para la puesta de hilo.	45
5.5	Tiempo consumido por tratamiento para el anillado e hilado.	45
5.6	Tiempo consumido por tratamiento para el hilado y desbrote.	46
5.7	Tiempo consumido por tratamiento para poda y aclareo de fruto.	47
5.8	Tiempo consumido por tratamiento por polinización.	48
5.9	Bajada de planta.	48
5.10	Tiempo consumido en la actividad de cosecha	49
5.11	Tiempo consumido en el corte de planta y limpia	50
5.12	Graficas de rendimiento	51
5.13	Comportamiento de las medias de rendimiento durante las ocho cosechas.	52-53
5.14	Comportamiento del rendimiento a lo largo de 8 semanas	54
5.15	Presencia de los seis diferentes calibres en los tratamientos	55-57

## I. INTRODUCCION

El tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) tiene gran importancia para la horticultura ya que es una de las principales hortalizas cultivadas en el mundo, participa con una producción de 129.6 millones de toneladas por año. En el 2008, China fue el principal productor de tomate, con una participación de 36%, seguido de Estados Unidos con 14%; Turquía 12%, India 11%, mientras que México ocupó el doceavo lugar, con un 3% de participación (FAO, 2010).

México se encuentra entre los principales productores y exportadores de hortalizas en el mundo, se ubica en el cuarto lugar a nivel mundial y el primero en el continente (Financiera Rural México ,2008), segundo lugar con 18%( 1, 072,646 toneladas) del total mundial de las exportaciones de tomate (FAO, 2010).

En México el tomate es la principal hortaliza de fruto, por su participación económica ya que es la que aporta más divisas en este sector, siendo la variedad Saladette la mas cultivada con el 56 % (FAO), el 80% de la demanda de Estados Unidos es cubierta por nuestro país. Durante el 2008, se produjeron en el país 2, 936,773 toneladas siendo el principal productor el estado de Sinaloa, con el 35% del total nacional. Somos pioneros en la atención al mercado de los Estados Unidos en tomate. De esta forma, hoy en día ocho de cada diez tomates que se importan por el vecino país del norte corresponden a tomates mexicanos. (SAGARPA, 2010)

En México la producción de tomate participan 11,286 Hectáreas como cultivo protegido (invernaderos, casa sombra, macro túneles) (FIRA, 2010). Según la Asociación Mexicana en Horticultura Protegida (AMHPAC, 2009), el 71% de los invernaderos son de baja tecnología y tienen mayor demanda de mano de obra, se caracterizan por no contar con control climático, solo cuentan con ventilación natural, cultivan en suelo, cuentan con estructura metálica y recubrimiento de plástico en techo y laterales. El requerimiento en mano de obra es inversamente proporcional al nivel de tecnificación es decir el que mayor demanda tiene de mano de obra es el de nivel bajo.

El tomate demanda mayor uso de mano de obra que otros cultivos protegidos. Por tal motivo, se llevó a cabo el presente trabajo donde se evaluó el efecto que tienen cinco topologías propuestas en la demanda de mano de obra para las diez actividades culturales implementadas, rendimiento y calidad del cultivo de tomate definiendo con ello la topología más rentable.

## II REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos generales del cultivo de tomate.

#### 2.1.1 Origen.

El origen del tomate, se localiza en América del Sur (Perú, Ecuador y Bolivia). El nombre "tomate" viene del lenguaje náhuatl de México y las variantes han seguido al tomate en su distribución por el mundo considerándose la aportación vegetal de México más extendida mundialmente por ser México su centro de domesticación (Jones, 2001).

#### 2.1.2 Taxonomía.

Según Garza (1985) el tomate es una especie dicotiledónea perteneciente a la familia Solanaceae, la cual es una de las más grandes e importante entre las angiospermas.

#### 2.1.3 Descripción Botánica.

Es una planta herbácea, anual, de hábito rastrero, de crecimiento indeterminado. Con una raíz principal, numerosas raíces secundarias capaces de alcanzar profundidades de hasta 1.20 m, con un tallo inicialmente cilíndrico en plantas jóvenes, pero luego se torna angular y en las ramas jóvenes es triangular. En cada axila donde se insertan los peciolos de las hojas en el tallo principal suelen brotar tallos secundarios (chupones) que posteriormente son eliminados mediante poda para una buena conformación de la planta. El desbrote debe ser oportuno, sobre todo el intermedio inferior al racimo, el cual surge con gran vigor (Berenguer, 2003). Sus hojas son sencillas, pecioladas de limbo muy hendido, se disponen sobre los tallos alternadamente y son compuestas e imparipinadas constituidas normalmente por siete o nueve folíolos lobulados o dentados pudiendo aparecer en el ráquis de la hoja pequeños folíolos de la misma manera que el tallo. Las flores aparecen en racimos ramificados en la parte baja, son pequeñas y de color amarillo y se desarrollan a cada dos o tres hojas en las axilas (Iñiguez, 1991). El fruto es una baya bilocular o plurilocular, de diferentes formas que pueden ir desde redondeadas, achatadas o en forma

de peras, pueden ser de color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopeno y caroteno, los tamaños pueden ser variables, su piel es lisa o surcada. En sección transversal se aprecian en el fruto la piel, la pulpa firme, el tejido placentario gelatinoso que envuelve a las semillas, el fruto está unido a la planta por un 8 pedicelo con un engrosamiento articulado que contiene una capa de abscisión (Rodríguez *et al.*, 1984).

#### 2.1.4 Tomate tipo Saladette.

Este tipo de tomate se caracteriza por su forma ovalada, son híbridos de crecimiento indeterminado (para invernadero) y de maduración precoz, uniforme y con altos rendimientos, presenta frutos grandes y estéticos (con manejo y polinización adecuada), calidad en transporte y larga vida de anaquel, son las características que brinda este tipo de tomate.

#### 2.1.5 Sustrato.

Para el buen desarrollo y los buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de la plántula y posteriormente de la planta madura del tomate el sustrato tiene gran importancia por lo que el sustrato debe cumplir con las condiciones siguientes. Capacidad de retención de agua, Suficiente suministro de aire, apreciable capacidad de intercambio catiónico, nivel de nutrientes asimilables, disponibilidad, Bajo costo, Fácil de mezclar, Fácil de desinfectar, Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales

#### 2.1.6 Requerimientos climáticos.

La temperatura de desarrollo oscila entre 20 a 30°C durante el día y entre 13 y 17°C durante la noche; y una Humedad relativa. La óptima oscila entre 60 a 70%.con valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración y fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta.

En los momentos críticos durante el periodo vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad (Porcuna, 2002).

### 2.1.7 Calidad del tomate

El concepto calidad es muy amplio y subjetivo, se define según varios autores como: grado en que un producto satisface las necesidades y exigencias de un comprador y por ende del consumidor (Jarquin, 2005).

También en función del uso al que va a ser destinado el producto por lo cual en el caso del tomate fresco se debe tender al concepto de “calidad total” considerando todas las características valoradas por los consumidores, no sólo la forma, el color y la ausencia de daños, sino también el sabor, el aroma y la textura (Jarén, 2005) la suma de todos los atributos que se combinan para asegurar que las frutas y verduras sean aceptables, deseables y nutritivamente valiosas como alimentos humanos (Duckworth, 1975).

## **2.2 Producción y consumo**

### 2.2.1 Producción y consumo mundial.

En lo que respecta a la distribución de la producción mundial por países, destaca la participación de China, Estados Unidos, Turquía, India, Egipto e Italia, cuya producción en conjunto representa más del 60% del total global, México se ubica en el décimo lugar. (SAGARPA-FAO, 2010).

### 2.2.2 Producción y consumo nacional.

El tomate rojo es una de las principales hortalizas cultivadas en México, en términos de superficie cosechada es superado por el chile verde, en términos de valor de la producción ocupa el primer lugar en este grupo de cultivos. De esta forma, en 2008 el valor de la producción de tomate superó los 12 mil millones de pesos, lo que representa casi el 30% del valor de la producción de hortalizas en México.

De acuerdo con cifras de la SAGARPA (2008), la superficie sembrada de tomate rojo es de 70.3 miles de hectáreas (promedio 2000-2008), lo cual representa el 0.44% de la superficie agrícola nacional.

## **2.3 Manejo del cultivo.**

### 2.3.1 Preparación del suelo.

La preparación del suelo tiene como finalidad, mejorar su estructura, evitando la compactación. Se recomienda un barbecho, doble rastreo y preparación de camas (Figura 2.1) antes de iniciar la preparación del suelo se deben desinfectar los implementos, una vez terminado el trazo se debe colocar el acolchado y la cintilla de riego en el centro de cada cama (Quezada, 2004).



Figura 2.1 .Preparación de suelo

### 2.3.2 Acolchado.

El acolchado consiste en cubrir el suelo con un material impermeable que tenga menor pérdidas de agua que el mismo, para evitar los fenómenos de evaporación e incrementar la eficiencia del agua aportada (Figura 2.2). Las explotaciones hortícolas utilizan la técnica del acolchado plástico para ahorrar agua, obtener cosechas más precoces y mayores, de mejor aspecto comercial y estado sanitario. El acolchado tiene efectos favorables sobre el suelo y el medio ambiente como: conservación de la humedad,

mantenimiento de una buena estructura, mejor aprovechamiento de los fertilizantes, menor número de frutos dañados, y eliminación de la maleza (Guzmán y Sánchez, 2000).

En invernaderos donde se presente gran cantidad de radiación solar es necesario de utilizar películas de doble capa, es decir, que posean una cara oscura y la otra de color blanco con el objetivo de reflejar la radiación. La cara negra permitirá controlar las malezas, ya que elimina el paso de la luz. La capa negra deberá dirigirse hacia el interior del invernadero, dejando la blanca hacia el exterior, con el propósito de contrarrestar la temperatura por radiación (Mercado y Rico 2007).



Figura 2.2 . Acolchado en el piso del invernadero

### 2.3.3 Trasplante.

En general, las plantas cultivadas en charolas son llevadas al sistema definitivo de establecimiento cuando éstas poseen cinco hojas verdaderas sin considerar el primer par de hojas embrionarias llamadas cotiledones. En este estado de desarrollo, las plantas cuentan con raíces lo suficientemente largas para estar en contacto con su nuevo medio de crecimiento. Cuando las plantas alcanzan una altura de 10 a 12 cm y su tallo tiene más de 0.5 cm de diámetro, se considera que ya están listas para el trasplante (Figura2.3). Esto ocurre aproximadamente entre los 26-30 días después de la siembra (Mercado y Rico 2007)

Este se lleva a cabo a los 30 o 40 días después de la siembra seleccionando las plantas sanas y vigorosas cuya altura deseable es de 20 cm aproximadamente. Se aplica un riego ligero a las charolas para facilitar la extracción del cepellón, también se aplica un riego a las camas para evitar lo más posible el estrés hídrico de la plántula trasplantada. Se hacen hoyos de 15 cm de profundidad en los cuales se coloca la plántula al nivel de las hojas cotiledoneales, se aprieta ligeramente el sustrato alrededor de la planta para fijar su sistema radicular y se aplica un riego inmediato con agua y al día siguiente se aplica el riego con solución nutritiva (Gil y Miranda, 2000).

De ser necesario el suelo debe fumigarse con metilam sódico, formalina, vapor de agua o aplicación de solarización y se recomienda hacer un análisis de agua y suelo para conocer el pH, la conductividad eléctrica, y los niveles de elementos nutritivos principales que estos pueden aportar (León, 2001).



Figura 2.3 Plántulas a trasplantar de tomate

#### 2.3.4 Tutoreo.

El tipo de tomate recomendado para producción en invernadero es el de hábito indeterminado. En este tipo de tomate es indispensable el tutorado de las plantas para mantener la planta erguida y evitar que las hojas, y sobre todo los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación solar y la realización de las labores culturales. Todo ello repercutirá en la producción final, la calidad del fruto y el control de las enfermedades (Figura 2.4).



Figura 2.4. Tutoreo para tomate en invernadero

La sujeción puede realizarse con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (liado, anudado o sujeto mediante anillas) y de otro a un alambre situado a determinada altura por encima de la planta (1.8 a 2.4 m sobre el suelo), se pueden usar varios accesorios y materiales para el tutoreo (figura2. 5).



Figura 2.5 Accesorios para tutoreo

Conforme la planta va creciendo se va liando o sujetando al hilo tutor mediante anillos, hasta que la planta alcance el alambre. A partir de ese momento existen tres opciones: 1) bajar la planta descolgando el hilo, lo cual conlleva un costo adicional en mano de obra. Este sistema está empezando a introducirse con la utilización de un

mecanismo de sujeción llamado "holandés" o "de perchas", que consiste en colocar las "perchas" con hilo enrollado alrededor de ellas para ir dejándolo caer conforme la planta va creciendo, sujetándola al hilo mediante clips. 2) Dejar que la planta crezca cayendo por propia gravedad y 3) Dejar que la planta vaya creciendo horizontalmente sobre los alambres del emparrillado (Guzmán y Sánchez, 2000)

### 2.3.5 Polinización.

La polinización es una etapa del proceso de fecundación. La producción y viabilidad del grano de polen pueden disminuir considerablemente por deficiencias en la nutrición y por temperaturas extremas. Las condiciones en verano que se dan dentro de un invernadero pueden secar el estigma y provocar pérdida de receptibilidad por lo que las flores abortan debido a la falta de fecundación.

Las flores del jitomate son hermafroditas y se auto-polinizan cuando las condiciones de luz, humedad relativa son adecuadas para el amarre y tamaño final de los frutos; En general, las flores de las plantas requieren del movimiento del viento o movimiento por medios mecánicos para soltar el polen sobre el estigma y fertilizar los óvulos.

La planta de tomate es autógena en aproximadamente un 95-99%; la polinización cruzada varía del 0.5 al 5% y se favorece principalmente por insectos. El estigma es receptivo desde uno a dos días antes de que ocurra la dehiscencia y permanece así hasta ocho días después; las anteras se abren un o dos días después de que ocurre la anthesis, favoreciéndose la polinización mediante la caída directa de los granos de polen sobre el pistilo (Garza, 1985).

La temperatura más propicia para la polinización es de entre 18 y 28°C; las temperaturas elevadas pueden provocar una excesiva exersión estigmática, ocasionando que el polen no madure. La humedad relativa debe oscilar entre 60-70%, ya que valores inferiores provocan que el estigma se seque, y en valores superiores el grano de polen se aglomera (Sanchez y Contreras 2000).

### 2.3.6 Medios de polinización

La polinización se lleva a cabo por dos medios: primero; mediante la introducción de insectos al invernadero cuyo uso básicamente se reduce a los abejorros (*Bombus terrestres*). En promedio se requiere una colmena por cada 1000 m<sup>2</sup> (Figura 2.6). El éxito de estos insectos está relacionado con las condiciones del invernadero, por lo que es imprescindible controlar las temperaturas al interior para conseguir el mejor desempeño de la colmena. La etapa fenológica en la cual se deben introducir los insectos es al inicio de la floración. Antes de su incorporación, se debe garantizar que el invernadero esté cerrado para evitar que escapen, y sobre todo asegurarse de que no existan residuos de pesticidas.

Una vez que se han introducido los abejorros, es necesario tener especial cuidado en los insecticidas que se aplican en las plantas, para evitar la muerte de la colmena.



Figura 2.6 Abejorro polinizando

El otro medio de polinización utilizado es el mecánico. Éste consiste en sacudir las plantas o los alambres de los tutores todos los días entre las 10:00 y 12:00 siendo la temperatura optima para este método entre los 21°C y los 27°C y una humedad no mayor al 70% dado que se aglomeran los granos de polen y caen al suelo ni menor al 60% puesto que en este caso el estigma se seca y no se logran adherir los granos de polen para favorecer la polinización del jitomate se recomienda seguir estas recomendaciones. Esta práctica puede llevarse a cabo en forma manual o mediante sistemas mecánicos de vibración para propiciar la liberación del polen sobre los estigmas de la flor. También se

puede propiciar el movimiento de aire con ventiladores o con una aspersor, o agitar las flores con una mochila espolvoreadora sin producto (Figura 2.7) (Mercado y Rico, 2007).



Figura 2.7 Polinización con sopladora

### 2.3.7 Podas

Consiste en quitar las partes vegetativas de la planta que no son de interés para el cultivador esta permite controlar el desarrollo de la planta, favorece la precocidad de los frutos y se obtienen mejores tamaños.

### 2.3.8 Poda de formación

Esta es una práctica necesaria para las variedades de crecimiento indeterminado. Se realiza entre los 15-20 días del trasplante con la aparición de los primeros tallos laterales, los cuales deberán ser eliminados al igual que las hojas más viejas, mejorando la aireación del cuello y facilitando la sujeción de la planta. Si se requiere conducir la planta a dos tallos es aconsejable dejar el tallo lateral, que crece a la par del primer racimo, ya que manifiesta mayor uniformidad y vigor con respecto al tallo principal. A partir de este punto se realizará la bifurcación (Mercado-Luna y Rico-Garcia, 2007).

### 2.3.9 Poda de brotes laterales

La poda de “brotes laterales” consiste en la eliminación manual de los brotes axilares o chupones para mejorar el desarrollo del tallo principal (Figura 2.8). Debe realizarse con la mayor frecuencia posible (semanalmente en verano – otoño y cada 10-15 días en invierno), esta actividad se lleva a cabo cuando los brotes alcanzan una longitud entre tres y cinco cm y no posterior a este tamaño. Los cortes deben ser limpios para evitar la posible entrada de enfermedades, ya que al eliminar un brote más desarrollado la herida es también mayor y el grado de susceptibilidad al ataque de enfermedades se incrementa, pero sobre todo, se debilita el crecimiento de los frutos y de la misma planta, ya que estos demandan nutrientes y azúcares para su desarrollo, los intervalos para realizar esta actividad son de seis a ocho días aproximadamente y cuando se pasa de este tiempo y los brotes son más desarrollados y gruesos, es necesario utilizar tijeras desinfectadas con una solución de cloro al 2% o con algún fungicida para evitar la transmisión de enfermedades (Velasco y Nieto, 2006).



Figura 2.8 Eliminación de brote axilar

Una vez que la planta ha alcanzado una altura aproximada de dos metros, tocando los alambres de soporte de los tutores, es necesario descolgarla y colocarla en la posición horizontal. De esta forma la planta siempre se desarrollará en forma vertical, lo que le permite recibir mayor luz y producir mejores frutos.

### 2.3.10 Poda de Hojas

La “poda de hojas” se realiza con la finalidad de mejorar la captación de la radiación solar aprovechable, además de mejorar la ventilación entre las planta, mejor control de plagas y enfermedades, favoreciendo mayor floración y amarre de frutos y en consecuencia se mejora la calidad de fruto. Si se encuentran hojas basales enfermas, deben eliminarse inmediatamente al igual que si presenta algún color amarillo, las hojas viejas se eliminan cuando los primeros frutos alcanzan su madurez fisiológica y cuidando que exista al menos una o dos hojas activas en la parte superior al racimo que no ha alcanzado su madurez fisiológica. No se deben dejar hojas o brotes en el interior del invernadero para evitar la diseminación de enfermedades (Velasco y Nieto, 2006).

#### 2.3.11 Poda apical

Este proceso consiste en eliminar la parte apical del tallo con el objetivo de detener el crecimiento vertical en las variedades indeterminadas, logrando mayor precocidad en la producción de frutos. Esta poda varía según las características del cultivo, pero generalmente se realiza entre el sexto y octavo racimo florar. Dicha actividad se debe realizar dejando dos hojas arriba del último racimo para proteger al fruto del golpe de sol; además estas hojas ayudan a aportar azúcares al fruto para su completo llenado (figura 2.9).



Figura 2.9 Poda apical

#### 2.3.12 Aclareo de frutos.

El número de frutos por ramillete depende de la variedad con que se esté trabajando e incide sobre el tamaño final de los mismos. Las inflorescencias con gran número de flores en necesario despuntarlos, para que los frutos desarrollen buen tamaño y para evitar que se desprenda el racimo (Figura 2.10). El raleo de frutos debe ser tan oportuno como sea posible, poco después de que los frutos han cuajado, también se eliminan todos aquellos malformados, así como los que realmente llevan un retraso significativo con respecto al resto y por lo regular sólo se dejan de cinco a seis frutos por racimo (Berenguer, 2003).



Figura 2.10 Aclareo de fruto

Después de realizar cualquiera de las podas o el raleo, es recomendable aplicar un fungicida para proteger las heridas, tales como Captan, Manzate, Cupravit, Daconil o Sulfato de Cobre, a una concentración de 2 gr/lt de agua (Velasco y Nieto, 2006).

### 2.3.13 Cosecha.

La recolección del tomate tiene mucha importancia, pues una cosecha defectuosa, puede destruir un buen rendimiento obtenido. Los tomates deben ser recolectados en diferentes grados de madurez, dependiendo de su destino (Figura 2.11). Si son para emplearlos en la industria deben estar completamente maduros; si es para abastecer los mercados locales pueden estar rojos, pero no completamente maduros, o sea, con la zona peduncular amarillenta; y si son para la exportación, deben presentar ligeros indicios de coloración; sin embargo el grado de madurez del tomate destinado al extranjero debe ser fijado por el exportador (Mercado y Rico 2007).



Figura 2.11 Cosecha de tomate

## 2.4 Principales parámetros de calidad para el tomate.

La calidad de un tomate viene determinada por los atributos como su apariencia externa, el sabor y características nutritivas (Mullins y Wolt, 1993).

### 2.4.1 Parámetros de calidad externos

#### 2.4.1.1 Color

Representa una medida de calidad total y en muchas ocasiones al igual que el calibre es la más importante y/o única a considerar (Nuez, 1995). El color de la epidermis es un buen indicador del estado de madurez del tomate y de la mayoría de productos hortícolas, que ligado al calibre, suelen constituir índices de madurez y de calidad específicos (Raúl-nieto, 2010), puede indicar en factores de calidad, tales como el sabor y el aroma, existen numerosas escalas o “cartas” de color para realizar la clasificación del estado de maduración, siendo este el método más ampliamente utilizado en la clasificación de tomates (González *et al.*, 2004).

#### 2.4.1.2 Forma.

La forma de los frutos es un criterio que con frecuencia permite distinguir entre diversos cultivares de una misma especie. El consumidor exige con frecuencia un producto provisto de una determinada forma y rechaza los ejemplares que no lo poseen (Wills *et al.*, 1999).

#### 2.4.1.3 Clasificación por calibres (tamaño)

Se determina por el diámetro máximo de la sección ecuatorial, dependiendo de las exigencias comerciales, cada país importador tiene una predilección por un tamaño en concreto (cuadro 2.1). Los tomates se pueden clasificar por número de frutos, diámetro o peso, de acuerdo con las disposiciones de la legislación del país importador. Los tomates se clasifican en origen según su calibre, que viene determinado por el diámetro máximo de la sección ecuatorial del fruto. Así, están las clasificaciones:

**Cuadro 2.1** Clasificación por tamaño para tomate fresco

Código de tamaño	Diámetro(mm)
1	30-34
2	35-39
3	40-46
4	47-56
5	57-56
6	67-81
7	82-101
8	102 en adelante

Fuente Galicia et al. 2005

Firmeza: Es un parámetro que mide la resistencia de penetración de los tejidos del fruto, La firmeza se puede evaluar por métodos objetivos, aplicando procedimientos destructivos que miden la resistencia que ofrecen a la penetración, corte o compresión, pero se prefieren técnicas no destructivas que evalúan la firmeza de los frutos a la compresión (Galicia *et al.*, 2005)

## 2.5 Antecedentes

El tomate es la hortaliza más cultivada en todo el mundo y la de mayor valor económico, Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada. (FAO, 2010) Daboin M. y Eli Casadiego describen es su trabajo: Estrategias técnicas y económicas para la producción y el procesamiento del tomate en invernadero. Que el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es considerado como una de las especies hortalizas de mayor importancia en muchos países del mundo por el sin número de subproductos que se obtiene de él y las divisas que aporta.

En algunas zonas del país en especial la zona Sur se está realizando Las labores culturales con métodos osados como lo es la utilización de sancos, botes, sillas, huacales entre otros, esto con el fin de alcanzar la altura de dichas tareas en especial las de amarrado de hilo, tutorado, aclarado/aclareo, enrede y cosechado de racimos altos. Lo que los hace inseguros, tardados y reduciendo la competitividad de los pequeños productores de tomate en invernadero (Ávila Juárez 2010). Esto evidencia la necesidad de nuevos diseños y/o mejoras a los sistemas topológicos (condiciones de la forma de siembra + tutoreo) enfocados a condiciones de clima, sociales, económicas, competitivas y que influyesen positivamente en la calidad, rendimiento y rentabilidad principalmente en lo referente a la mano de obra del cultivo de tomate ya que invernaderos de “baja tecnología”(cuadro 2.2), invierten cerca del 40% del total de costos de producción en mano de obra (Jaramillo *et al* 2007).

**Cuadro 2.2** Niveles de tecnificación de acuerdo a infraestructura de un invernadero, en España

Nivel Alto	Nivel Medio	Nivel Bajo
Uso de sustratos inertes.	Altura de 3-5 metros.	Invernadero frío.
Estructura tipo multitúnel con altura de 3-5 metros.	Estructura de acero galvanizado.	Sin calefacción.
Estructuras de acero.	Cultivo en suelo.	Cultivo en el suelo.
Recubrimiento de plástico flexible y rígido en los lados.	Recubrimiento plástico.	Estructura metálica.
Pantalla térmica enrollable.	Ventilación pasiva.	Altura de 1.8 metros aproximadamente.
Calefacción.	Fertirrigación computarizada.	Recubrimiento de plástico en techo y laterales.
Sistema de riego y fertirrigación computarizada.	Calefacción.	Ventilación natural y manual,
Costo 23-25 euros/m <sup>2</sup>	Generadores de aire caliente.	Fertirrigación por goteo básico. Costo 8-10 euros/m <sup>2</sup>
	Costo 13-15 euros/m	

**Fuente:** Departamento de economía sociología agrarias. IVIA

Mercado-Luna y Rico-García (2007) en su manual de producción de jitomate de variedades de crecimiento indeterminado bajo invernadero. Describen al cultivo en invernadero como una alternativa para producir alimentos sin tener que esperar a los fenómenos ambientales como la lluvia o la ausencia de la misma que en ocasiones ha encarecido el abasto de alimentos en todo el mundo limitando los ciclos de producción. Produciendo 600 toneladas por hectárea bajo invernadero. Consideran al tomate como el cultivo más importante del país por el valor de su producción y a la demanda de mano de obra que genera.

Hewitt (1986) y Ho (1996) mencionan que el éxito del cultivo de tomate no solo depende de la cantidad de fruta cosechada sino también de la calidad de fruto y redimiendo de planta es decir número y peso de los frutos de tomate; Rucoba *et al.* En el año 2006 mencionan que las principales variables que podrían ayudar a aumentar la rentabilidad a una empresa de este tipo es un mejor manejo del cultivo, y por introducción de variedades de mayor rendimiento. Según Cih dzul( 2011) la productividad y el rendimiento están determinados por la tecnología utilizada. El clima, las plagas y las enfermedades afectan

directamente la productividad y el rendimiento del cultivo, lo que impacta negativamente en el ingreso del productor.

Manzano y Agugliaro en el año 2009 realizaron un trabajo denominado: Técnicas de estudio de tiempos para la planificación de la mano de obra en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicom* L.) de invernadero. Mencionan que la mano de obra es un elemento muy importante en la explotación de este cultivo en invernadero con una participación que podría ascender al 50% de los costos, Hacen hincapié en que el rendimiento de la mano de obra afecta en forma directa al cultivo de tomate ya que guarda una relación en el sentido de que si esta disminuye su rendimiento el costo de mano de obra aumenta e inversamente.

Ávila-Juárez (2010) realizó una investigación titulada Interplantado de tomate (*Lycopersicom esculentum* Mill.) en invernadero de baja tecnología: donde menciona que en condiciones tradicionales es decir invernaderos de baja tecnología se reduce la competitividad de los productores, lo que hace casi incosteable la producción de tomate debido a los altos costos de operación principalmente de mano de obra. Motivo por el cual realiza un análisis de tiempo y mano de obra en sistema de interplantado contra el método tradicional donde el primer sistema lo proyecta como una posible forma de alargar el ciclo de producción y hacerlo más constante, donde identifica el mejor método mediante un comparativo de los costos de cada una de ellos, percatándose que los mejores rendimientos en sus tratamientos eran marcados también por ser los de mayor costo. Por otra parte en el año 2011 Fundación Cajamar da a conocer otra opción más para incrementar la rentabilidad y disminuir el costo de la mano de obra. En el trabajo denominado: Evaluación de dos sistemas de descuelgue y deshojado en tomate donde se establece que las actividades de desojado y corte de brote del tomate al realizarse en un mismo tiempo les resulta más rentable a los productores de tomate.

### **III.OBJETIVOS E HIPOTESIS.**

#### **3.1 HIPÓTESIS**

La topológica de cultivo influye directamente en el rendimiento, calidad y en los costos de mano de obra en la producción del tomate.

#### **3.2 OBJETIVO GENERAL**

1. Determinar el efecto en la mano de obra, calidad y rentabilidad de cinco topologías en el cultivo de tomate (*Lycopersicom esculentum* Mill.) bajo invernadero de baja tecnología.

#### **3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Implementar un cultivo de tomate con cinco topologías diferentes de cultivo.
2. Evaluar los tiempos consumidos en las diez actividades culturales realizadas en el desarrollo del cultivo de tomate (*Lycopersicom esculentum* Mill) en cada topología.
3. Evaluar la calidad y el rendimiento para las cinco topologías propuestas en el cultivo de tomate (*Lycopersicom esculentum* Mill).

## IV METODOLOGIA

### 4.1 Ubicación del área de investigación.

El trabajo se realizó en 1000 m<sup>2</sup> de un invernadero de 5600 m<sup>2</sup> (Figura 4.1) con estructura de tubos galvanizados, cubierto de plástico difuso de 800 galgas, orientado de Norte a Sur y ventilación lateral. Ubicado en el campus Amazcala, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, en el municipio de El Marqués, Qro. , el cual se localiza en el sector Suroeste del estado, entre los 20° 36' y 20° 58' de latitud Norte. Su longitud se encuentra entre los 100° 09' y los 100° 24' del Oeste a 1850 /1900 m sobre el nivel del mar. La temperatura oscila entre los 18 y los 24 °C, con un clima Semiseco templado, templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad, templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media y semifrío subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad y una precipitación anual de 400-800 mm (inegi.org.mx, 2011).



Figura 4.1 Invernadero 5600m<sup>2</sup> campus Amazcala, Facultad de Ingeniería UAQ.

## 4.2. Monitoreo de datos climáticos

Mediante un data logger Wach Dog serie 1000 de la marca Spectrum Technologies Inc. se estuvo monitoreando el clima. Dicho equipo fue colocado en la parte central del área de estudio se midió las variables de temperatura y humedad relativa cada 5 minutos (Figura 4.2 a). Además se colocó un tensiómetro marca Hidrometer de 12” en el sustrato para medir la cantidad de agua disponible para la planta en 10 lugares diferentes durante el ciclo del cultivo haciendo el cambio cuando se consideraba necesario (Figura 4.2 b).

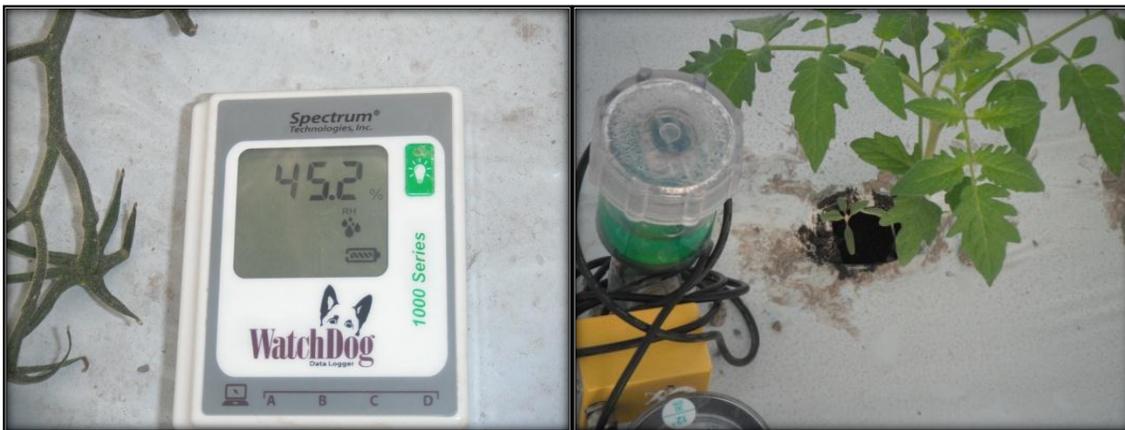


Figura a. Equipo de monitoreo climático

Figura b. Tensiómetro

Figura 4.2 Equipos de monitoreo

## 4.3. Establecimiento del cultivo

### 4.3.1 Material vegetal utilizado.

Se utilizó semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) , Variedad: DKR 2197 tipo Saladette de la casa semillero seminis Monsanto S.A. de C.V. a una densidad de 3.3 plantas/m<sup>2</sup>. Este híbrido se caracteriza por presentar ciclos largos, cobertura foliar de moderada a alta, tolerante al frío, tiende a producir ocho frutos climatéricos por racimo (recomendada para ralear a seis o siete frutos) con tendencia al rojo intenso, forma ovalada acorazonada frutos con un peso promedio de 120 a 130 g.

#### 4.3.2 Producción de plántula.

La siembra se realizó el 10 de marzo del 2011, utilizaron charolas de poliestireno de 200 cavidades y como sustrato Peat moss marca Sunshine-Mix 3 la semilla se colocó en las cavidades y se cubrió con 0.5 cm de vermiculita. Posteriormente dichas charolas fueron pasadas a una cámara de germinación a una temperatura promedio de 25°C hasta su emergencia (Figura 4.3).



Figura 4.3 plántula de tomate.

#### 4.4. Nutrición del cultivo

Para la nutrición del cultivo se tomó en cuenta un análisis químico del agua antes de iniciar, considerando su contenido de minerales, Ph y C.E. La solución nutritiva utilizada durante el experimento fue la propuesta por Steiner (1984), modificando las proporciones de acuerdo a La etapa fenológica, van del 50% en plántula a partir de los 10 días dds., 70% en el desarrollo a partir de los 30 dds y 100% en la producción 60 ddt. (Cuadro 4.1).

El Ph. se mantuvo a 6 y una conductividad de 1 dsm. , utilizando ácido Nítrico, Fosfórico y Sulfúrico mediante un lector de la marca Conductronic PC 18 se checo que las lecturas Ph y C.E. se encontraran en estos valores al termino de la dilución.

**Cuadro 4.1** Solución nutritiva stock al 200 % (ml. ó gr) en diferentes proporciones para las etapas fenológicas del cultivo de tomate.

ELEMENTO		Plántula	desarrollo	producción
		50%	70%	100%
ACIDO NITRICO	HNO <sub>3</sub>	202.5	202.5	202.5
ACIDO FOSFORICO	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	170.0	170.0	170.0
ACIDO SULFURICO	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	27.5	27.5	27.5
NITRATO DE CALCIO	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	7322	10250	14 644
QUELATO DE Zn		11.8	16.5	23.6
QUELATO Mn		7.0	9.8	14.0
QUELATO Cu		2.1	2.94	4.21
QUELATO Fe		212	296.8	424
NITRATO DE AMONIO	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	2686	3761	5373
FOSFATO MONOAMONICO	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1127	1577	2254
NITRATO DE POTASIO	KNO <sub>3</sub>	2686	3761	5373
NITRATO DE MAGNESIO	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3351	4691	6702
SULFATO DE POTASIO	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1973	2762	3946
BORO	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	35.2	49.28	70.4

#### 4.5 Riego.

El riego se llevo a cabo en la fase de plántula de forma manual hasta humedecer sustrato esto hasta los 35 dds. Al trasplantarse se utilizo un sistema de fertirrigacion que consistió en tres tinacos de 2500 L., una bomba de cinco Hp., mangueras de riego de 16 mm con un gotero de 4 L/h en cada planta, un control de riego automatizado (realizado en la FI- UAQ.) con el cual se programaron los riegos así como la apertura y cierre de ventanas de acuerdo a los datos climáticos censados. Las plantas se regaron con 700 ml. Durante 30 ddt, después a 1.4 L. de solución al día hasta 48ddt. Se regaron a 2.0 L hasta los 73 ddt. Posteriormente se redujo a 1.4 nuevamente hasta fin del cultivo, se verifico la cantidad de agua recibida mediante un depósito de cinco litros conectado mediante una manguera a un gotero (Figura 4.4). El cual fue dispuesto en diferentes zonas del cultivo, el agua recolectada también sirvió para medir el nivel de pH y la CE manteniendo las siguientes lecturas: pH de seis y una conductividad eléctrica de un dsm respectivamente.



Figura 4.4 Depósito de recolección de solución de salida

## 4.6 Manejo de del cultivo

### 4.6.1 manejo de plagas y enfermedades

Para el control fitosanitario se tomaron medidas preventivas que consistieron en, monitoreo visual, la colocación de trampas amarillas, la aplicación de distintos productos orgánicos y químicos para su prevención y control

### 4.6.2 Labores culturales

#### 4.6.2.1 Preparación del suelo.

se preparó el sustrato dándole la condición de cama deseada que ya fuese profunda o elevada, como se describe en el punto anterior, mediante el sistema de riego se humedeció hasta tener la capacidad de campo para trasplante, los sustratos utilizados fueron dos, suelos originales de Amazcala para T1, T2, T4, T5 y tezontle en las bolsas T3, Para la desinfección de los sustratos se aplicó un día antes Fulguro a razón de 5 % por medio de una bomba fumigadora de espalda modelo MS073D marca Furuyama.

#### 4.6.2.2 Trasplante

Se llevó a cabo el día 15 de abril del 2011 cuando las plántulas de tomate poseían 5 hojas verdaderas sin considerar el primer par de hojas embrionarias llamadas cotiledones y una altura de 10 a 12 cm con un tallo de más de 0.5 cm.

#### 4.6.2.3 Trasplante en bolsa

Como se mencionó con anterioridad el trasplante de la plántula con tezontle fue en bolsas de cinco L a una distancia de 25 cm entre centros de cada bolsa y 1.3 m entre camas,

dichas bolsas no contaban con ningún tipo de tratamiento especial ya fuese por el fabricante ni por nuestra cuenta. Se trasplantó una planta por bolsa (figura .4.5).



Figura 4.5 Trasplante en bolsa

#### 4.6.2.4 Trasplante al suelo

El distanciamiento del trasplante en el suelo fue de 25 cm entre plantas y 1.3 cm entre Hileras (figura 4.6).



Figuras 4.6 Trasplante

#### 4.6.2.5 Colocación de hilos a los alambres tutores.

Consistió en la colocación de hilos de rafia amarrados a los alambres del sistema de tutoreo del invernadero (soporte de cultivo) sujeto a la estructura del invernadero



4.7 tutorado a. puesta de hilo y amarre de hilo

#### 4.6.2.6 Tutorado y anillado.

Se realizo para tener la planta lo mas recta (vertical) para evitando que las hojas y los frutos tocan el suelo, esto mejoro la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores como lo describen Mercado-Luna y Rico-García, 2007(Figura 4.7).



Figura 4.7 Tutorado b. Puesta de anillo y amarre de hilo

#### 4.6.2.7 Desbrote e hilado.

Consistió en la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal a la vez que se daba una vuelta más al hilo alrededor del tallo de la planta (Figura 4.8)



Figura 4.8 hilado

#### 4.6.2.8 Poda de hoja y aclareo de fruto

Se podaron las hojas las hojas viejas o senescentes con el fin de facilitar la ventilación y mejorar el color de los frutos, además para obtener plantas equilibradas y vigorosas, buscando que los frutos no quedaran ocultos entre el follaje y mantenerlos aireados y libres de condensaciones (Figura 4.9 a)).

Se aclararon racimos a seis frutos, realizándose de forma manual auxiliándose de tijeras y una vez que los frutos presentaban tamaño similar al de una canica (Figura 4.9 b)).



a) Podad de hoja.

b) Raleo de fruto.

Figura 4.9 Poda de hoja y aclareo de fruto

#### 4.6.2.9 Polinización.

Ya que las flores del jitomate son hermafroditas y se auto-polinizan cuando las condiciones de luz, humedad relativa son adecuadas para el amarre y al considerar que dichas condiciones no se daban principalmente la aireación de forma homogénea, se opto por realizarla auxiliándonos de una sopladora

#### 4.6.2.10 Cosecha

Se realizaron ocho cosechas de frutos sin pedúnculo en grado seis de madures sin importar a que racimo pertenezca (Cuadro 4.2) en las siguientes fechas: 16 junio, 22 junio, 31 junio, 6 julio, 13 julio, 27 julio, 3 de agosto y 10 agosto, .La primer cosecha se empezó a realizar a partir del día 71 ddt. para bordos y bolsas, mientras que para los tres tratamientos restantes fue a los 78 ddt. y posteriormente en periodos de ocho días, el corte del fruto se realizó de forma manual, para la recolección se utilizó cubeta de 15 litros y colocados en cajas de 30 kilos (Figura 4.10) para su almacenaje medición o comercialización según correspondiera.

Cuadro 4.2 Colores durante la maduración de tomate fresco para mercado.

Clase	Número	Descripción
Verde maduro (Mature Green)	1	Fruto bien desarrollado, completamente verde; 2 a 5 días antes de completar maduración.
Verde Quebrante (Breaker)	2	Primer color externo rosa o amarillo
Pintón (Turning)	3	Entre 10 y 30 % de la superficie con color definido: verde, amarillo-pardo, rosa o rojo.
Rosa (Pink)	4	Entre 30 y 60 % de la superficie color rosa o rojo.
Rojo claro (Ligh red)	5	Más de 60 % color rojo rosado o rojo
Rojo (Red)	6	Más de 90 % color rojo

Fuente: Cantwell, 2006; López y Gómez, 2004; USDA, 1991.



Figura 4.10 Caja con tomate

#### 4.6.2.11 Corte de planta y limpia.

Esta actividad consistió en retirar las plantas al final del cultivo y limpieza de la zona utilizada, evitando así que se quedase alojado algún agente perjudicial para futuras plantas así se evita que estas plantas sean fuentes de contaminación para el próximo cultivo y favorecemos la sanidad.



Figura 4.11 corte de planta

#### 4.7 Diseño y construcción del carro de cultivo.

Se construyó un carro para actividades culturales que circula en los pasillos del cultivo de tomate (1.3 m), con el fin de realizar las actividades culturales correspondientes (figura 4.1).



Figura 4.12 Carro de actividades culturales

##### 4.7.1 Restricciones de diseño.

- Fuente de energía limpia al interior del invernadero.
- Fácil de replicar.
- Ergonómico.
- Materiales accesibles.
- No requiera de elementos adicionales y/o rieles.
- Adecuado para las actividades culturales.
- Económico y funcional.

#### 4.7.2 Elementos del carro de cultivo.

- Chasis realizado con perfil tubular rectangular de 2" cal. 14, unido con soldadura 60/13 de 1/8
- Plataforma ajustable semi-fija realizada con perfil tubular rectangular de 1 1/2" cal 14. unido con soldadura 60/13 de 1/8
- Cuatro ruedas de para carretilla 4.10/3.50-4 fijadas sobre un eje de acero.
- Eje de acero de 5/8 aprisionado por un perno pasado con una tuerca de 1/4" y candado de 1/16"
- Dirección tipo Trapecio de Ackermann trasera modificada.
- Motor eléctrico trifásico de 0.5 Hp con moto reductor marca ABB.
- Un circuito reversible para motor trifásico con palanca de elaboración propia.
- Extensión eléctrica trifásica cal. 10 awg.

#### 4.7.3 Descripción del funcionamiento

Por medio de un tomacorriente instalado en el invernadero y la extensión se le envía la electricidad que el motor requiere para impulsar el carro de cultivo, el cual es manipulado por un operador mediante el control (palanca) del circuito reversible en el sentido que avanzara, a la vez lo guía entre los pasillos por medio del sistema de dirección y colocando la plataforma ajustable a la altura deseada realiza las labores culturales del cultivo.

#### 4.8 Diseño experimental.

Se utilizo un diseño experimental de bloques al azar, compuesto por cinco tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento donde el tratamiento uno es propuesto como nuestro testigo (figura 4.13) la unidad experimental es 88 plantas (una repetición) en lo referente a mano de obra y para las variables calidad y rendimiento 80 plantas por tratamiento elegidas al azar 20 por tratamiento.

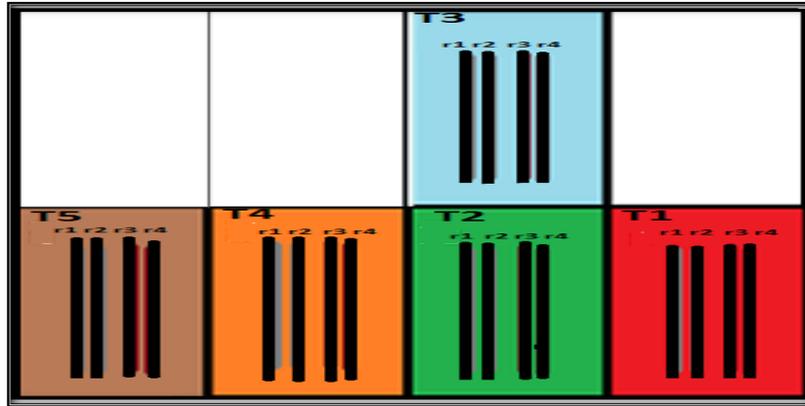


Figura 4.13 Distribución de tratamientos

Cada uno de los tratamientos se describe a continuación

- **Tratamiento (T1) testigo** se realizó una cama profunda con tutoreo normal (método tradicional), donde se delimitaron áreas de cultivo (franjas) a flor de tierra, dichas áreas fueron preparadas manualmente con pico y pala a una profundidad de 45 cm, en estas franjas se realizó el trasplante del tomate sobre una sola línea a 25 cm de distancia entre plantas con un sistema de tutoreo en tres bolillo a una altura de 3.10 (sistema actual de tutoreo del invernadero). Se propuso como tratamiento control.(Figura 4.14)

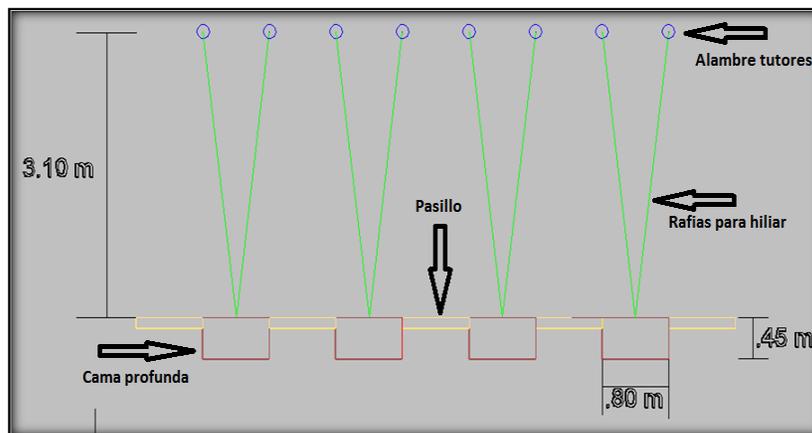


Figura 4.14 Testigo (T1)

- **Tratamiento (T2) bordo** se acondicionó una cama elevada o bordo para cultivo de tomate a 1.3 metros de distancia con un metro de ancho por .45 de alto, donde se realizó el trasplante a 25 cm de distancia entre plantas y con tutoreo en un sistema de tresbolillo a una altura de 3.10 m (sistema actual de tutoreo del invernadero) (Figura 4.15).

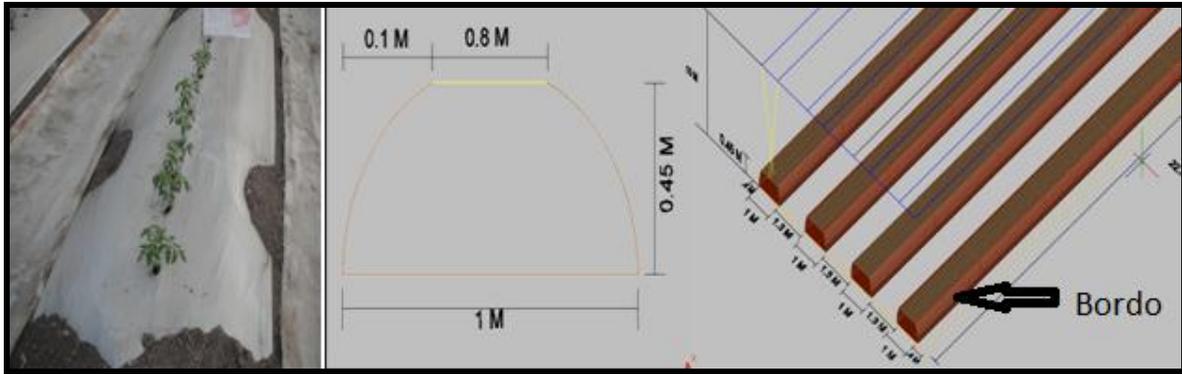


Figura 4.15 Bordo (T2)

**Tratamiento (T3) bolsas** se realizó preparando sustrato en bolsas para sembrar de 5lt. Las bolsas no cuentan con ningún tipo de tratamiento especial y se colocaron a una distancia de 25 cm entre planta y tutoreo tresbolillo a 3.10 m de alto. Las bolsas le dan una condición similar a la de una cama elevada (Figura. 4.16). Por la diferencia en la retención de agua que existió entre el suelo y tezontle al tezontle se le proporciono mayor cantidad de riego adicionando con 2.8 L de agua sin nutrición por planta cada tercer día a partir de los 30 ddt.

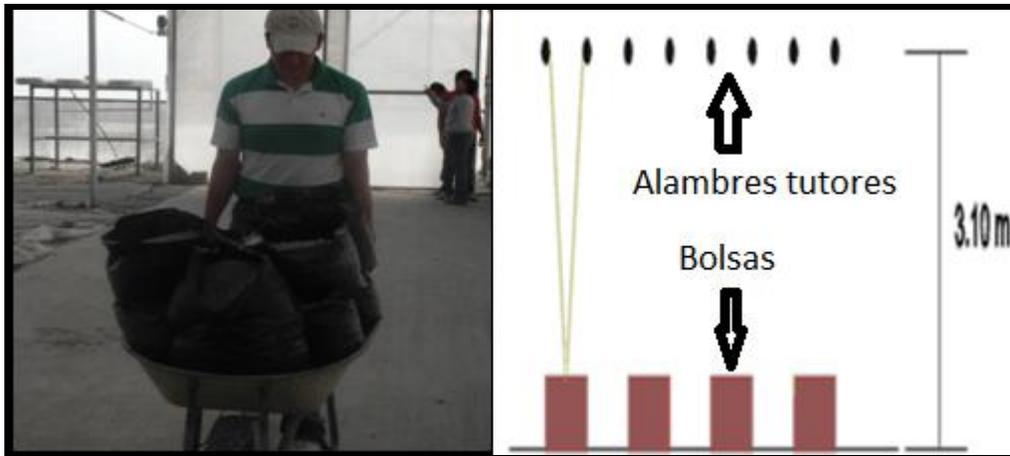


Figura 4.16 Bolsa (T3)

**Tratamiento (T4) T. bajo** se realizó una cama profunda con tutoreo bajo (Figura 4.17) Se delimitaron áreas de cultivo (franjas) a flor de tierra preparadas manualmente con pico y pala una profundidad de 45 cm, en estas se realizó el trasplante del tomate sobre una sola línea a una distancia de 25 cm entre planta y planta; y tutoreo en tres bolillos, el tutoreo tuvo como característica de ser más bajo que el que normalmente se maneja en el invernadero, dos metros de altura un metro diez menos que el tradicional empleado en los demás tratamientos.

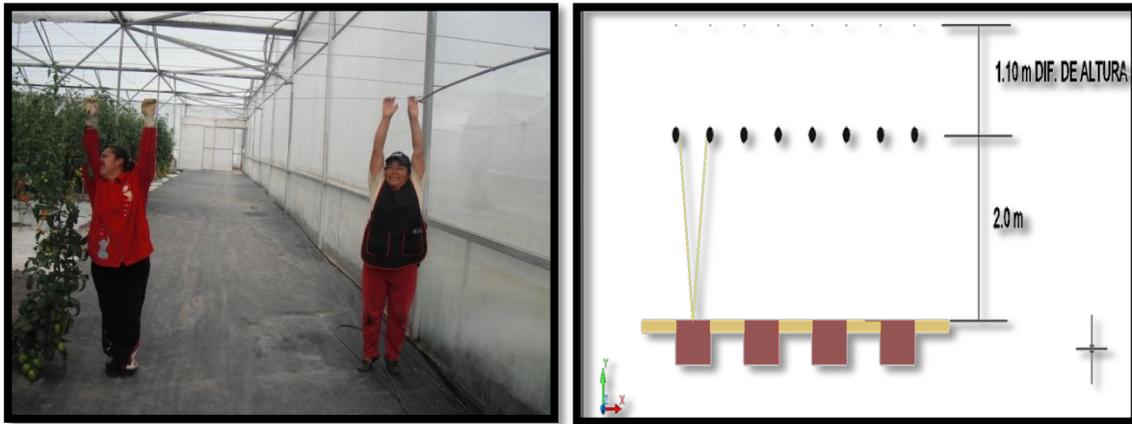


Figura 4.17 Tutoreo bajo (T2)

- **Tratamiento (T5)** se elaboro una cama profunda, tutoreo normal, utilizando un carro de cultivo para las actividades de tutorado, poda y auxiliar en la cosecha. Se delimitaron áreas de cultivo (franjas) a flor de tierra dichas áreas fueron preparadas manualmente con pico y pala una profundidad de 45 cm, en estas franjas se realizó la siembra a 25 cm de distancia entre plantas y tutoreo en tresbolillo a 3.10 metros (sistema original del invernadero), el carro para cultivo transitó entre los pasillos.

## 4.9 Variables de respuesta

### 4.9.1 Mano de obra:

La evaluación de los costos de mano de obra total de cada uno de los tratamientos, se llevó a cabo mediante un registro de tiempos consumidos por cada una de las actividades culturales propuestas para tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

- Preparación de la topología
- Trasplante
- Colocación de hilo a los alambres de los tutores
- Tutorado y anillado
- Desbrote e iliado
- Poda de hoja y aclareo de fruto
- Polinizar
- Cosecha
- Bajada de planta
- Corte de planta(eliminación y limpieza )

Fueron determinados mediante la suma de todos los tiempos acumulados que interfirieron en el desarrollo de la planta de tomate, preparación, cosechado (actividades culturales o tareas).

El registro de los tiempos se llevó a cabo al inicio de cada actividad y al termino auxiliándose de con un cronometro de la marca Geneva modelo “x t-treme “de regreso a cero, los tiempos en el que se realizaba cada tarea en las cuatro repeticiones de los cinco tratamientos fueron registrados de forma personal al realizar la actividad plasmándolos en una hoja de control anexa a la bitácora del cultivo (Figura 4.18). Para asegurar que los tiempos registrados fueran solo la respuesta al efecto de las topologías y no a la eficiencia del personal que labora en ellas se evito que las actividades culturales fueran desarrolladas por una sola persona se puso especial atención en rolar los trabajadores entre los distintos tratamientos y repeticiones.



**CAMPUS AMAZCALA**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

SEMANA NUMERO

SEMANA DEL  AL

HOJA DE CONTROL DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	TRATAMIENTO	NUMERO DE LINEA	HORA DE INICIO	HORA DE TERMINO	TIEMPO EN MIN.	NO. PLANTAS	FECHA	NOMBRE	FIRMA

Figura 4.18 Tabla de control de actividades

#### 4.9.2 Rendimiento por planta.

Para la evaluación del rendimiento por planta se seleccionaron al azar veinte muestras representativas de cada tratamiento cinco en cada repetición las cuales fueron etiquetadas con la clave del tratamiento repetición y planta. De estas plantas se recolectaron y registraron un día antes de la recolección general sus frutos, esto durante ocho semanas (Fig. 4.19 a). La recolección fue llevada a cabo en bolsas transparentes y de colores marcadas con la clave de tratamiento repetición y planta (Figura 4.19 b), Se eligieron frutos en estado rojo maduro (6) según Galicia (2005) para su recolección.



a) cosecha

b) separación y almacenaje

Fig. 4.19 Recolección de frutos en madures seis de plantas marcadas

Los frutos fueron pesados en una balanza (Figura4.20 a), la unidad de peso fue el gramo. Los frutos con daños severos fueron descartados es decir frutos que presentaban

problemas fisiológicos, daños mecánicos, daños por plagas o una combinación de las tres (Fig.4.20 b)



a) Peso y Diámetro del fruto de tomate

b) Frutos descartados

Figura 4.20 Medición de frutos marcados

#### 4.9.3 Calidad de fruto

Para obtener frutos más homogéneos y de mejor calidad se tomaron las recomendaciones de la casa productora de la semilla 2197 (Monsanto) la que recomienda llevar a cabo la práctica de raleo de frutos dejando sólo seis por racimo, esto con el fin de que el desarrollo de los frutos fuera más homogéneo de lo que pueden serlo a carga completa.

Se clasificaron frutos de tomate fresco recolectadas de las plantas marcadas en cada tratamiento en función de su tamaño (diámetro de la sección ecuatorial) de acuerdo a la carta de colores de Galicia *et al.*, 2005 en el estado de madurez seis. (Fig. 4.21) Se realizó a la par el rendimiento por planta utilizando los mismos frutos de las 20 plantas marcadas por tratamiento ya que conforme se iba cosechando el fruto se le medía el perímetro de la circunferencia ecuatorial con una cinta métrica (en milímetros). y mediante la fórmula del diámetro  $D = \text{perímetro} / \pi$  se obtuvo D.e. (diámetro ecuatorial). Las medidas fueron registradas en el formato para clasificación,



Figura 4.21 Calibres de frutos

#### 4.9.4 Rentabilidad del cultivo.

Para evaluar la rentabilidad del cultivo de tomate en las cinco diferentes topologías se excluyó de los comparativos el costo de los fertilizantes y energía eléctrica debido a que se dio la misma nutrición a las cinco diferentes topologías (tratamientos) por medio de un único sistema de riego en una misma programación de riegos y durante el periodo de cultivo a ninguna topología se le adicionó una mayor o menor cantidad de fertilizante. La rentabilidad es un concepto que expresa el rendimiento económico de la inversión y con la cual se puede tomar la decisión de aceptar o rechazar la realización de un proyecto o actividad (Muñante, 2002). Los conceptos que utilizaremos para evaluar esto serán: relación beneficio-costos (B/C).

##### 4.9.4.1 Relación beneficio-costos.

Para la evaluación de la relación beneficio costo o índice de rentabilidad del cultivo se excluyó el costo de semilla, sustrato, acolchado, rafia, anillos, energía y fertilizantes, esto debido a que en los cinco tratamientos se utilizó igual cantidad de estos productos y se consideró que por ende no serán un factor de variación en los costos de producción entre los tratamientos, los costos de agroquímicos y mano de obra si serán considerados porque se utilizaron diferentes cantidades de ellos entre los cinco tratamientos.

#### **4.10 Análisis estadístico**

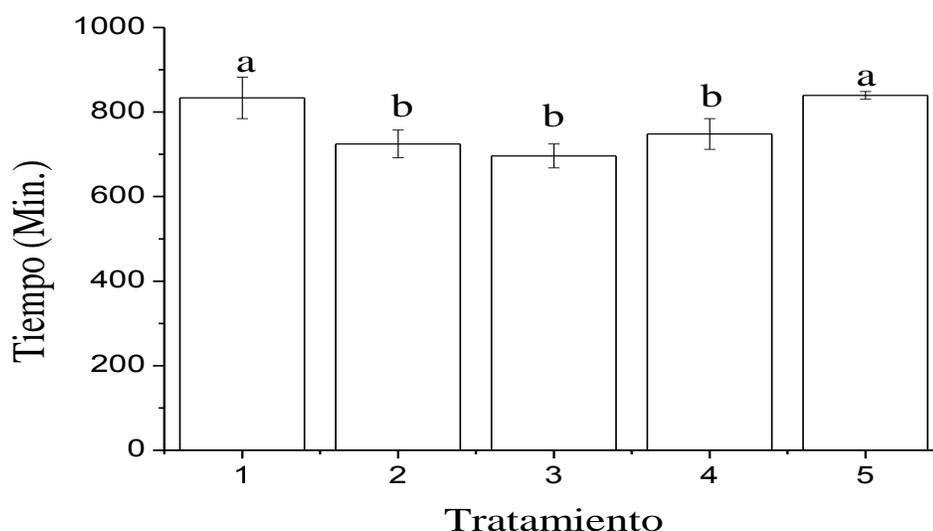
Con el fin de evaluar el efecto de la topología en el rendimiento del cultivo de tomate, se consideraron las variables calibre de fruto como un indicador de calidad y el rendimiento como indicador del nivel de producción. Estos se analizaron mediante El análisis estadístico de los datos de mano obra, calidad y rendimiento se realizó con ANOVA y para la comparación de medias con la prueba de TUKEY ( $P \leq 0.05$ ). Con el programa Origin v8.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Tiempo de las actividades culturales.

#### 5.1.1 Tiempo total consumido por las diez actividades culturales propuestas.

El tiempo total consumido de las actividades culturales se presentan en la figura 5.1 donde observamos que en los tratamiento T1 (testigo) y el T5 (Carro) son los que tienen más tiempo consumido, mientras los tratamientos T2 (Bordos) , T3 (Bolsa) y T4 (Tutoreo bajo) son los que tienen menor tiempo de tutorio.



T1(Testigo); T2 (Bordo); T3(Bolsa); T4(Tutoreo bajo);T5(Carro)

Figura 5.1 Tiempo consumido por tratamiento para las 10 actividades culturales evaluadas.

En base a los tiempos consumidos para realizar las 10 tareas o actividades culturales durante todo el cultivo (ocho semanas), se podría definir como mejor tratamiento en el consumo de mano de obra, aquel que requiere menor tiempo para realizar dichas tareas, resultando ser el tratamiento en bolsa (T3) con 696 minutos por repetición o 7.9 min./planta y el de mayor tiempo consumido es el tratamiento para el carro( T5) con 839 minutos o 9.5 min/planta (Figura 5.1). Al realizar un análisis del tiempo consumido y rendimiento es decir lo obtenido en gr. base al tiempo invertido, la posición que ocupa el tratamiento bolsa (T3) cambia y se ubica en la tercera posición y el tratamiento bordos(T2) pasa de segundo a primero (Cuadro 5.1)

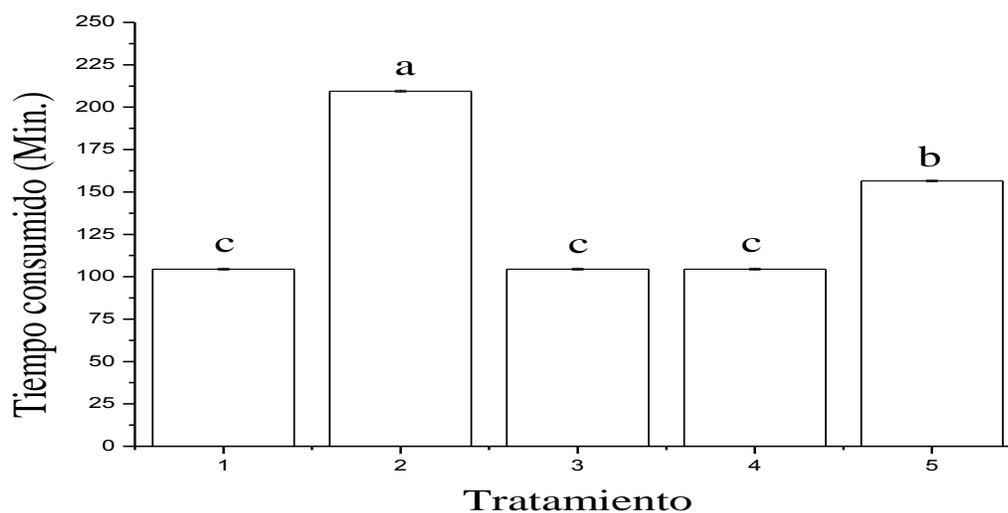
Cuadro 5.1 Posicionamiento de tiempo invertido contra rendimiento por tratamiento.

Tratamiento	Nivel	g/Min
(T1) Testigo	C	87.6
(T2) bordos	A	133.1
(T3) bolsa	B	113.4
(T4)T. bajo	B	113.35
(T5) carro	C	87.9

### 5.1.2 Comparativo de tiempo consumido por actividad.

#### 5.1.2.1 Preparación de topología.

Los tiempos consumidos para la preparación topológica ( figura 5.2), donde observamos que en las estadísticas ( $p > 0.05$ ) se divide en tres grupos el que tubo más tiempo fue el tratamiento T2 (Bordo), luego esta T5 (Carro) y los que tuvieron menos tiempo son T1 (Testigo), T2 (Bolsa) y T3 (Tutoreo bajo).



T1(Testigo); T2 (Bordo); T3(Bolsa); T4(Tutoreo bajo);T5(Carro)

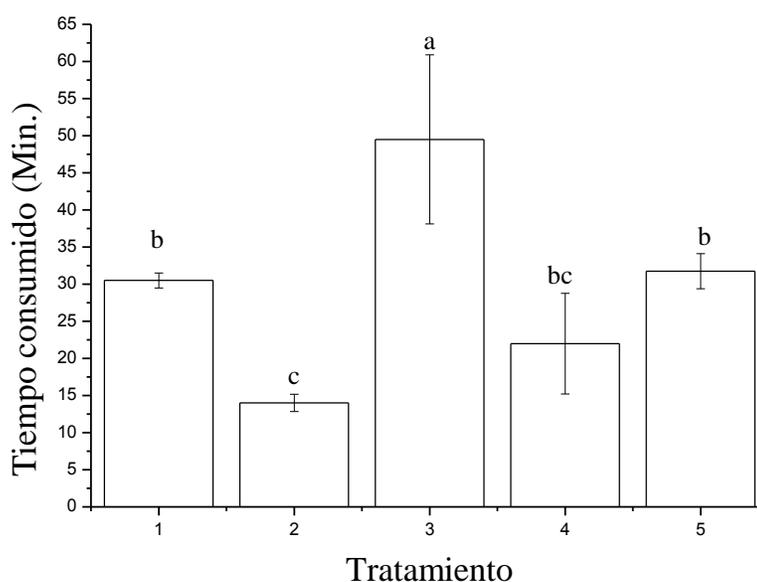
Figura 5.2. Tiempo por tratamiento para preparación topología.

Para la preparación de la topología los tratamientos que menos tiempo consumen son (T1)testigo, (T3)bolsas y (T4)t. bajo, debido a que estos tratamientos no demandan de una actividad laboriosa como es el caso del tratamiento (T2) bordo y (T5)carro que

requieren de un aflojado y nivelación y (T2) aparte de lo mencionado necesita la elaboración de cama la elevada (bordo) dicha actividad dentro de un invernadero se tienen que realizar manualmente ya que no se puede realizar como habitualmente se hace a campo abierto con un tractor, el tratamiento cinco requirió de una nivelación más precisa y confiable que las cuatro restantes con la finalidad de permitir un buen desplazamiento del carro de actividades culturales, dado a estos motivos requirieron de una mayor inversión de tiempo para la preparación.

### 5.1.2.2 Trasplante

Los tiempos consumidos en el trasplante se observa en la figura 5.3 diferencia estadísticas ( $p > 0.05$ ).

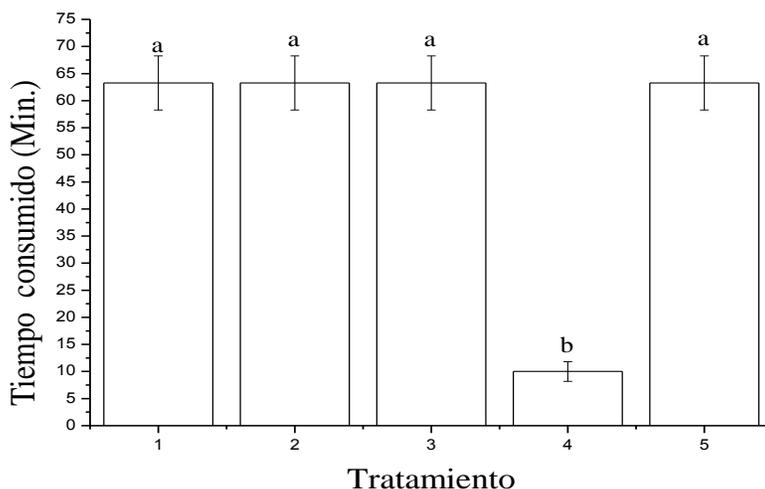


T1(Testigo); T2 (Bordo); T3(Bolsa); T4(Tutoreo bajo); T5(Carro)

Figura 5.3 Tiempo consumido para el trasplante

En la actividad de trasplante el mejor tratamiento fue (T2) bordos, debido a su geometría y altura resultaba más práctico realizar las perforaciones donde se colocó la planta del tomate así como la acción de introducir la planta, aunado a que requería agacharse menos que los tratamientos restantes reduciendo la fatiga de quienes siembran por ende un mejor rendimiento.

### 5.1.2.3 Puesta de hilo

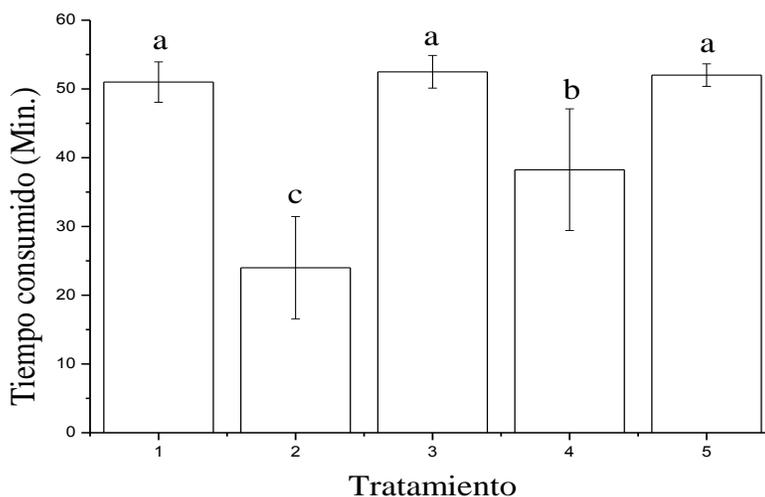


T1(Testigo); T2 (Bordo); T3(Bolsa); T4(Tutoreo bajo);T5(Carro)

Figura 5.4 Tiempo consumido por tratamiento para la puesta de hilo.

En la puesta de hilo el único tratamiento que presenta ventajas es el bajo (T4) puesto que por su altura cómoda y al alcance del trabajador permite desarrollar más rápido esta actividad ya que no depende de auxiliares para alcanzar la altura deseada.

### 5.1.2.4 Anillado e hilado.

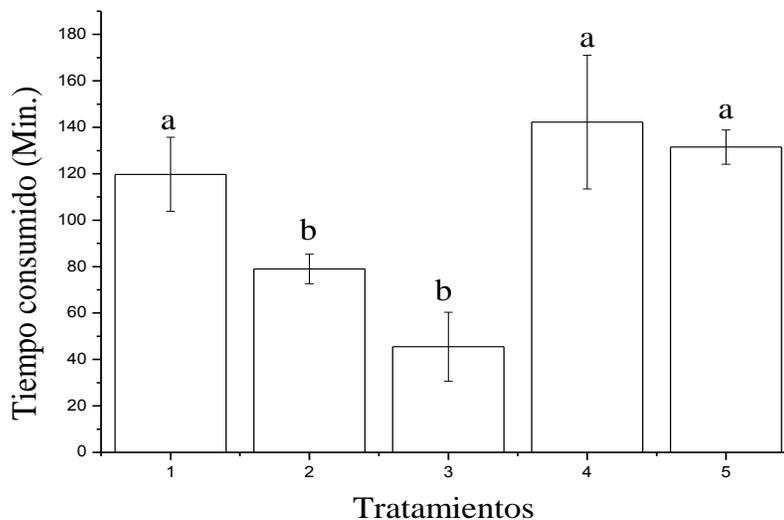


T1(Testigo); T2 (Bordo); T3(Bolsa); T4(Tutoreo bajo);T5(Carro)

Figura 5.5 Tiempo consumido por tratamiento para el anillado e hilado

Para la colocación de anillo e hilo se presentan mayor ventaja en el tratamiento dos una vez más al hecho de reducir el agachado de los operadores permitiéndoles el mejor y más rápido avance.

#### 5.1.2.5 Hilado y desbrote.

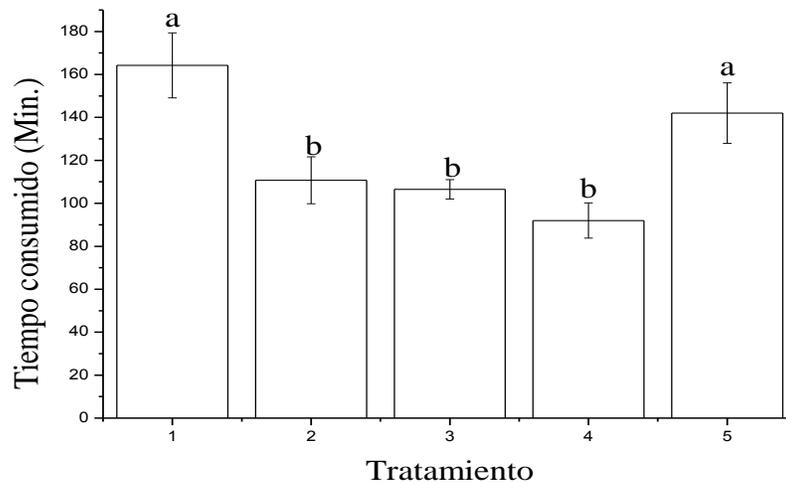


T1(Testigo); T2 (Bordo); T3(Bolsa); T4(Tutoreo bajo);T5(Carro)

Figura. 5.6 Tiempo consumido por tratamiento para el hilado y desbrote.

Para el iliado y desbrote los tratamientos (T2) bordos y (T3) bolsas son los más rápidos debido a que el tratamiento dos redujo sus tiempos de hilado por efecto de la altura y comodidad de trabajo y el tratamiento tres debido que al encontrarse en bolsa estaba mayormente restringido y causa que su desarrollo sea más lento y menor, por lo cual desarrollo menor área foliar haciendo una actividad de desbrote mas ligera y por ende más rápida

### 5.1.2.6 poda de hoja y aclareo

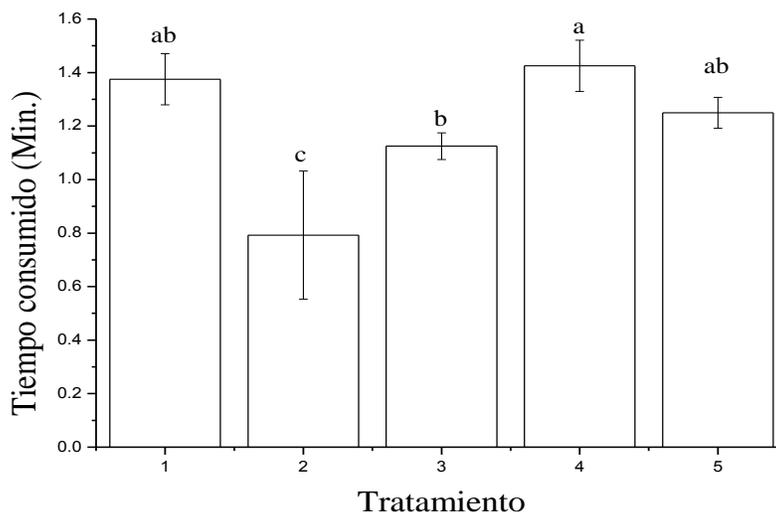


T1(Testigo); T2 (Bordo); T3(Bolsa); T4(Tutoreo bajo);T5(Carro)

Figura 5.7 Tiempo consumido por tratamiento para poda y aclareo de fruto.

Para la poda de hoja y aclareo de fruto el mejor tratamiento son los cuatro, tres y dos, los tratamientos T1 y T5 resultan ser iguales al contar con la mismo sistema el carro de actividades culturales así como en las demás actividades no pudo superar a los demás tratamientos debido a su baja eficiencia.

### 5.1.2.7 polinizaciones

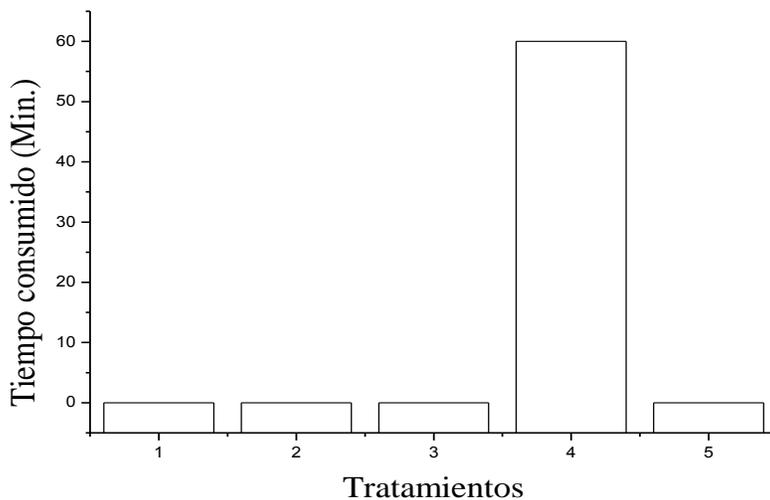


T1(Testigo); T2 (Bordo); T3(Bolsa); T4(Tutoreo bajo);T5(Carro)

Figura. 5.8 Tiempo consumido por tratamiento por polinización

Para la actividad de polinizar la topología que menos tiempo requiere es la de bordos (T2) dado que las plantas se encontraron siempre a una mejor altura de la sopladora para desarrollar esta actividad lo cual permitió un avance a través de ella

### 5.1.2.8 Bajada de planta

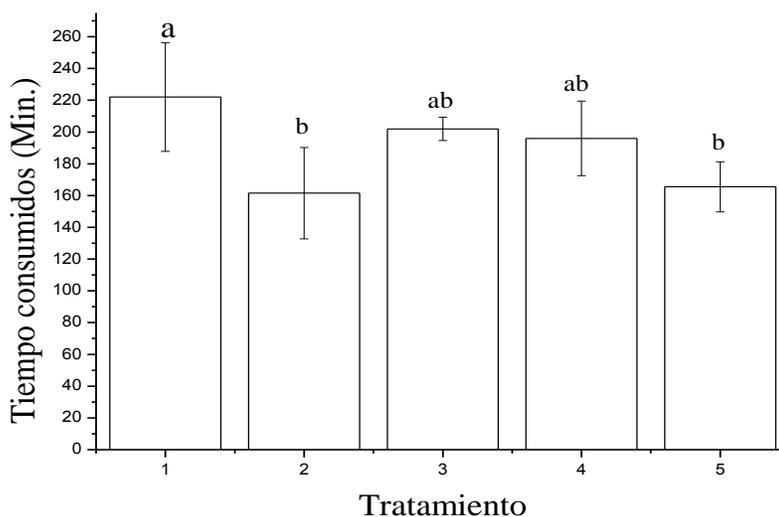


T1(Testigo); T2 (Bordo); T3(Bolsa); T4(Tutoreo bajo);T5(Carro)

Figura 5.9 Tiempo consumido por tratamiento bajada de planta

La bajada de planta es una actividad que solo requiere el tratamiento (T4) tutoreo bajo, fue necesaria para darle el espacio a los dos nuevos racimos que requería soportar el sistema de tutoreo

#### 5.1.2.9 cosecha



T1(Testigo); T2 (Bordo); T3(Bolsa); T4(Tutoreo bajo);T5(Carro)

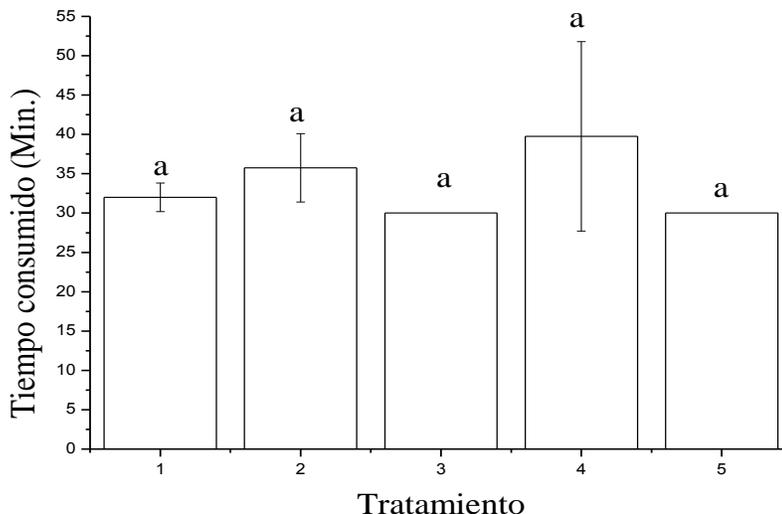
Figura 5.10 Tiempo consumido en la actividad de cosecha

Cosecha en esta actividad también presento ventajas el tratamiento (T2) bordos, se considera como el mejor tratamiento para esta actividad junto con el tratamiento (T4) T. bajo (Cuadro 5.2) debido a que presentan un mejor rendimiento en referencia al tiempo invertido

Cuadro 5.2 Velocidad media de recolección (cosechado) de frutos en función del rendimiento

Tratamiento	Velocidad media (g/min.)
2	2,340.0
4	1,816.0
3	1,828.0
5	1,525.8
1	272.50

### 5.1.2.10 Corte de planta y limpia.



T1(Testigo); T2 (Bordo); T3(Bolsa); T4(Tutoreo bajo);T5(Carro)

Figura 5.11 Tiempo consumido en el corte de planta y limpia

Para el corte de planta y limpia del área ocupada por el cultivo el menor consumo de tiempo en mano de obra se presenta en el tratamiento (T3) bolsa debido a que en esta topología se desarrollaron plantas con menor área foliar y un menor arraigo de la raíz al sustrato, causa por las cuales son más fáciles de cortar y apilar

### 5.2 Rentabilidad en base a la inversión en mano de obra.

Tabla 5.4 Relación costo-beneficio.

Tratamiento	Índice relación Costo-beneficio
<b>Testigo(T1)</b>	1.72
<b>Bordo(T2)</b>	2.60
<b>Bolsa(T3)</b>	2.26
<b>T.bajo(T4)</b>	2.22
<b>T. carro(T5)</b>	1.72

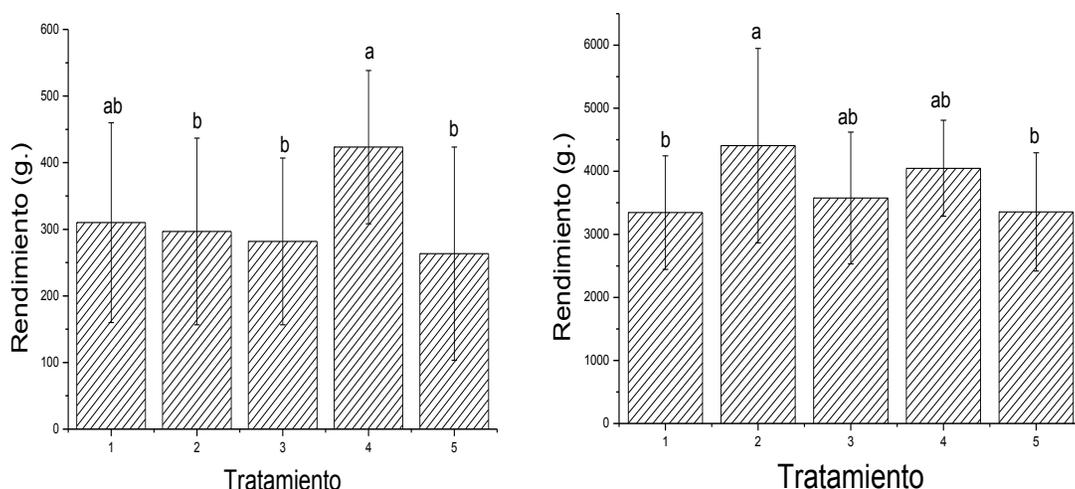
Ingreso= (Rendimiento en kg.) (Precio)- inversión mano de obra

Relación beneficio-costos = índice de rentabilidad = ingreso / costo de mano de obra

Como los resultados son mayores que 1, los beneficios (ingresos) son mayores a los sacrificios (egresos) por lo tanto todos los tratamientos en referencia a la mano de obra tiene un beneficio. En comparación con el testigo o sistema más recurrido tres de las cuatro topologías propuestas presenta un mejor índice (cuadro 5.3). El tratamiento (T2) mejora la relación en un 51% mientras que (T3) Y (T4) lo mejoran con un 29 y 31% respectivamente el tratamiento (T5) no presenta mejora alguna pero tampoco decrece al índice es decir no impacta en la relación del costo de la mano de obra con respecto al beneficio. Por tal motivo el tratamiento con mayores posibilidades de triunfo es bordo (T2) y el de menores posibilidades serán los tratamientos testigo (T1) y carro (T5).

### 5.3 Rendimiento

#### 5.3.1 Rendimiento acumulado.



a) Medias de rendimiento por cosecha.      b) Rendimiento acumulativo (ocho cosechas)

T1(Testigo); T2 (Bordo); T3(Bolsa); T4(Tutoreo bajo);T5(Carro)

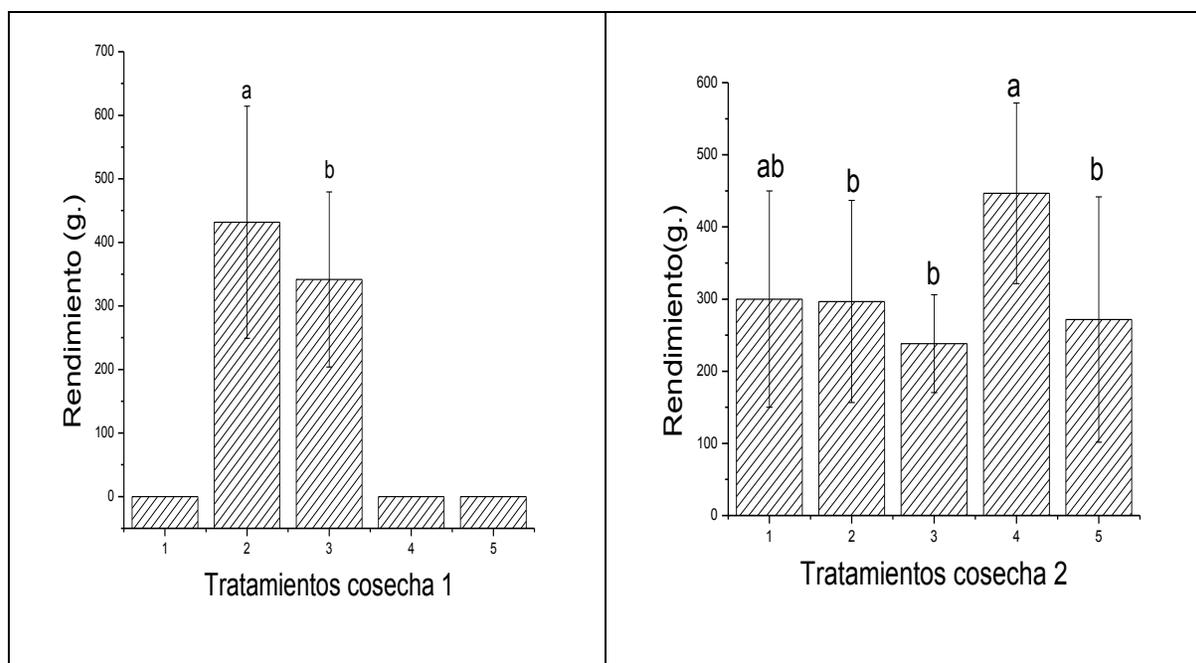
Fig.5.12 Graficas de rendimiento

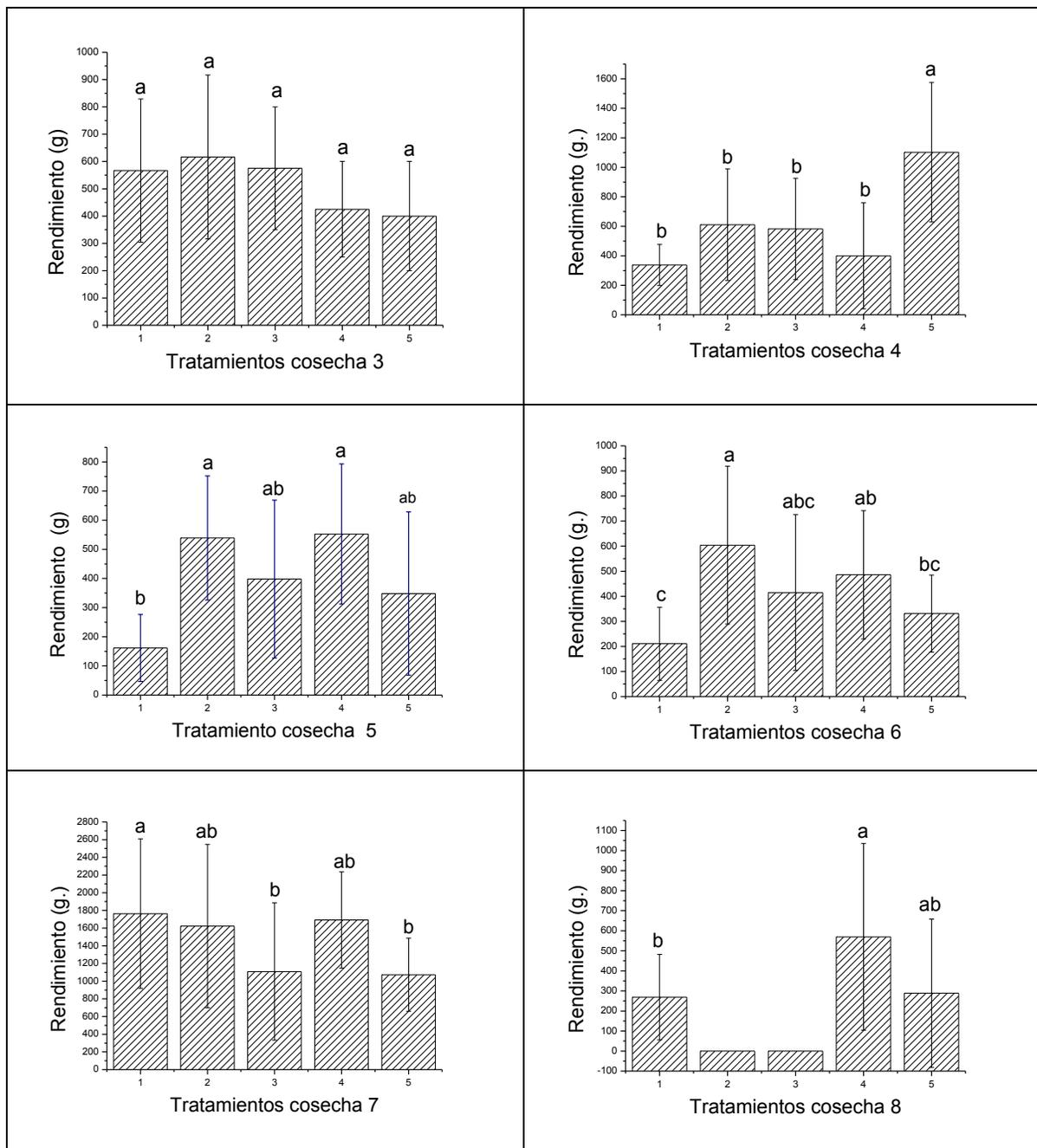
Al evaluar el rendimiento en  $kg/M^2$  acumulado durante las ocho cosechas nos indica que al final del ciclo de producción el tratamiento bordo (T2) presenta los mejores resultados de rendimiento  $14.540 kg/M^2$  (Cuadro 5.4), colocándolo como el mejor tratamiento de rendimiento acumulado (fig. 5.3.2 b). en cuanto al rendimiento por cosecha el tratamiento T. bajo resulta ser mejor en un periodo más largo resultaría ser este el de mejores rendimientos.

Cuadro 5.5 Rendimiento del tomate durante la etapa de experimentación (8 semanas) en invernadero de baja tecnología.

Tratamiento	nivel	kg/M <sup>2</sup>
1	B	11.030
2	A	14.540
3	B	11.800
4	AB	13.351
5	B	11.074

El mayor nivel en la media de rendimiento es el de los tratamientos 2 y 4 comparando con el testigo T2 tiene un 31% mejora en el rendimiento, mientras que T4 un 21%, los tratamientos T3 y T5 no presentan un incremento significativo en el rendimiento con respecto al testigo 6.9 % y 0.39% respectivamente.





T1(Testigo); T2 (Bordo); T3(Bolsa); T4(Tutoreo bajo);T5(Carro)

Figura 5.13 Comportamiento de las medias de rendimiento durante las ocho cosechas.

Los tratamientos bordos (T2) y bolsa (T3), son los únicos en presentar rendimiento durante la cosecha (C1), uno siendo el de mayor rendimiento T2. Debido a que estos tratamientos fueron ocho días más precoces a comparación de los tratamientos restantes, la maduración del tomate en T2 y T3 fue más pronta con frutos cosechados en

estado de madures rojo (6) mientras que en los tres tratamientos restantes no muestran frutos maduros de este nivel. Además de ser más rápidos en madurar los tomates de (T2) y (T3) contaban con un muy buen tamaño, forma y calibre para esta cosecha. A partir de la cosecha dos los cinco tratamientos presentaron rendimientos siendo los más constantes (T2) y (T3) pero también las plantas de estos dos tratamientos son las que más pronto se agoraron no presentando rendimientos para la cosecha 8, todos los tratamientos presentaron su pico de producción en la semana 7 en especial el tratamiento (T1) es el que alcanza la media de rendimiento más alta de todo el periodo con 5.8 kg/m<sup>2</sup>, pero también este es el tratamiento con las medias más bajas a lo largo del cultivo

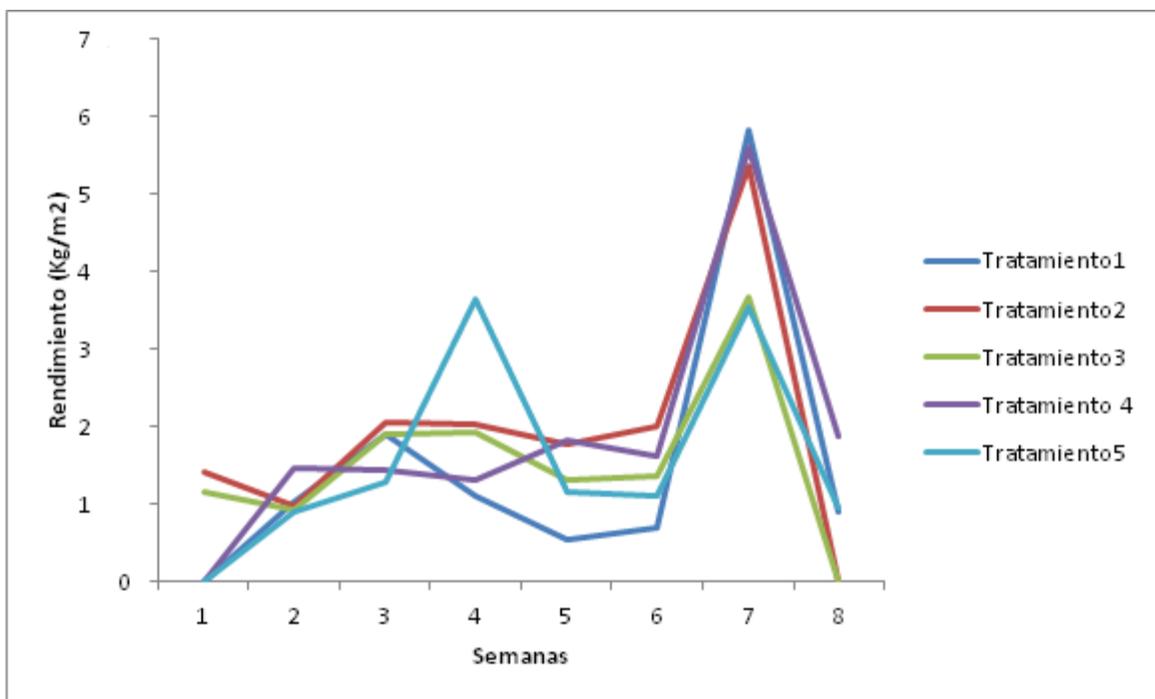
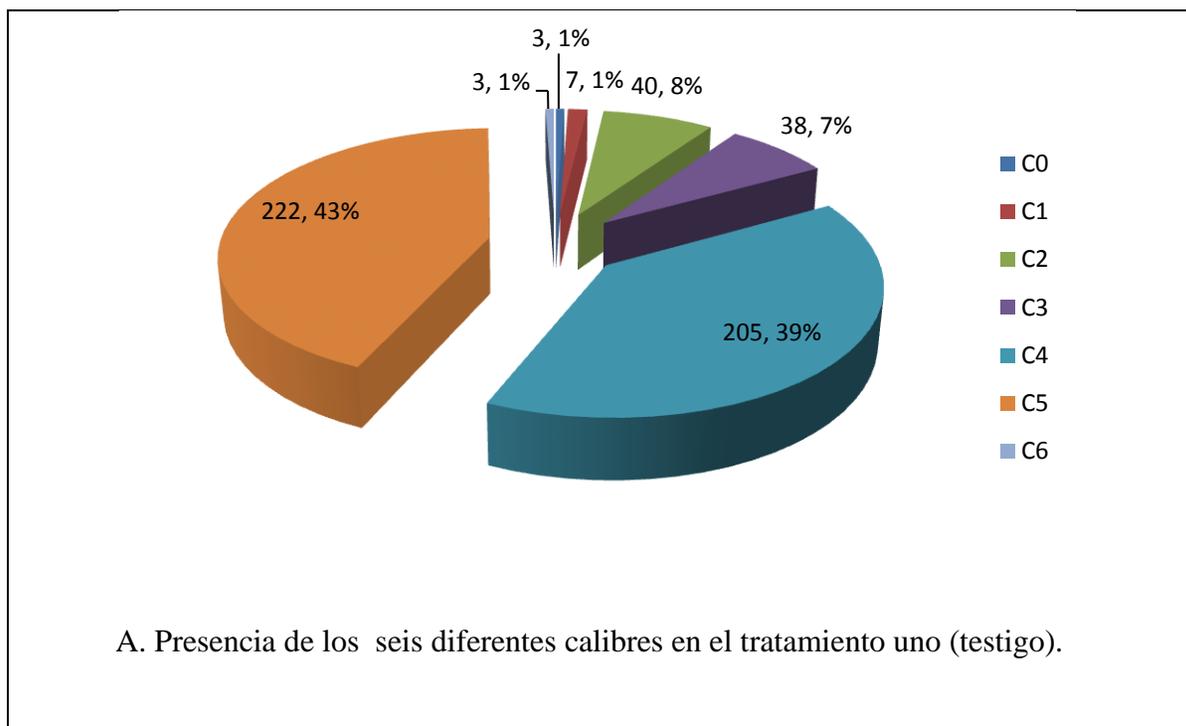
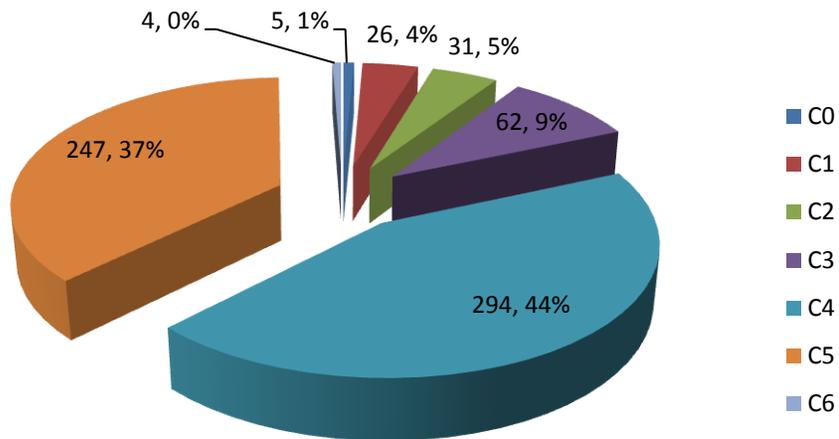


Figura 5.14. Comportamiento del rendimiento a lo largo de 8 semanas

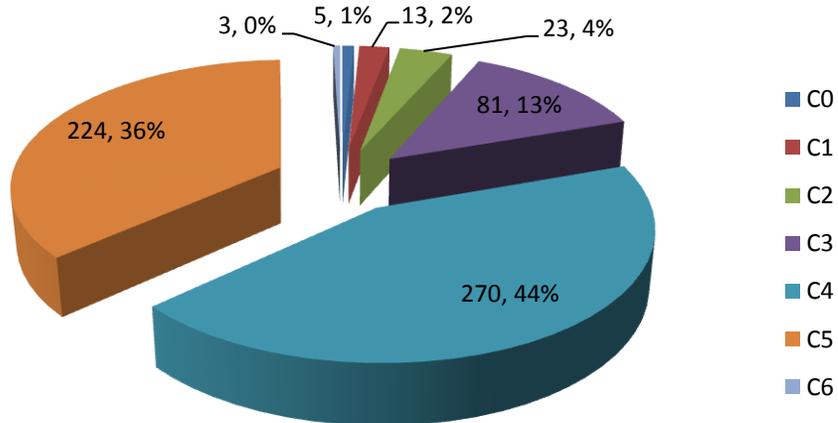
#### 5.4 Calidad de fruto.

La calidad del tomate se determina por el diámetro máximo de la sección ecuatorial, donde se tiene una clasificación de calidad que va del 1 al 6 y los diámetros menores de la calidad 1 se clasifico en C0, en la figura 5.15 se observa los diagramas de pastel de los 5 tratamientos (A, B, C, D, E) en donde observamos las diferentes calidades por diámetro en el tomate. En el T1 tratamiento testigo (Fig. 5.15 A) se observa que la calidad que tuvo mayor numero de frutos es la calidad 5 seguido de calidad 4, donde los valores fueron 43% y 39% respectivamente. En el tratamiento bordo T2 (Fig. 5.15 B) se tiene mayor cantidad de frutos de la calidad 4 seguido de la calidad 5 con 44% y 37% respectivamente. Para el tratamiento en bolsa T3 (Fig. 5.15 C) también se tiene más número de frutos de calidad 4 seguida de la calidad 5 con valores de 44% y 36%. El T4 tratamiento de tutoreo bajo (Fig. 5.15 D) se observa que en la calidad 4 hay un 46% mientras en la calidad 5 hay un 41%. En el tratamiento con carro T5 (Fig. 5.15 E), en esta grafica se tiene valores altos en la calidad 4, 5 y 6 donde se obtuvo valores de 14%, 41% y 26% respectivamente.





B. Presencia de los seis diferentes calibres en el tratamiento dos (bordo).



C. Presencia de los seis diferentes calibres en el tratamiento tres (bolsa).

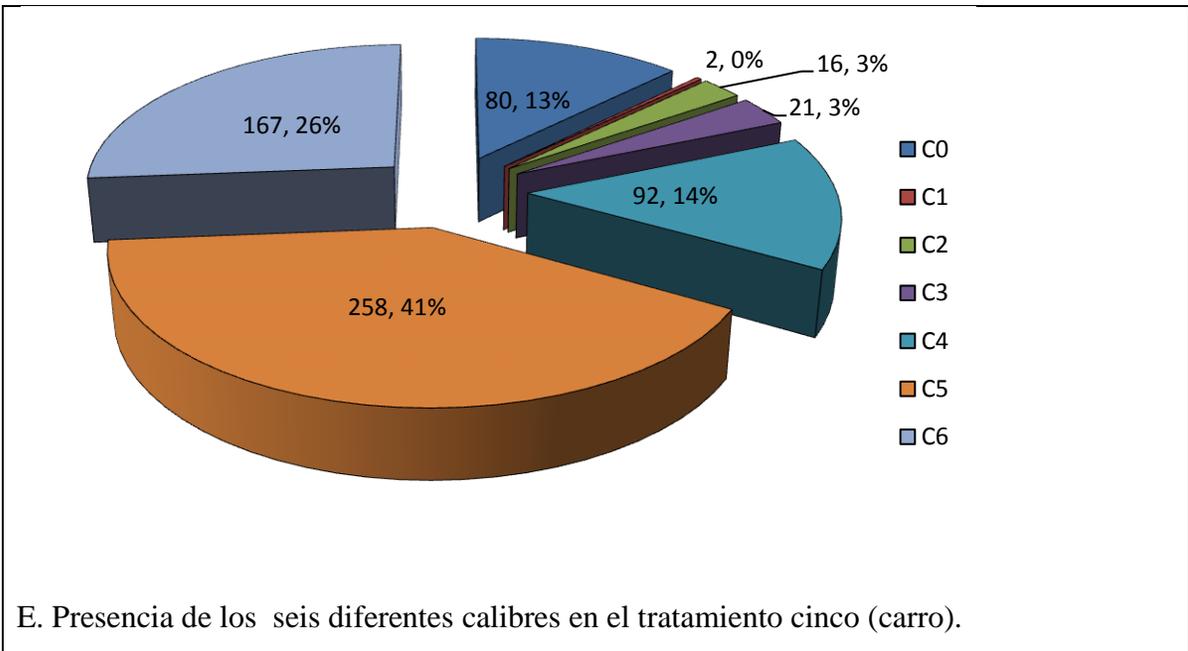
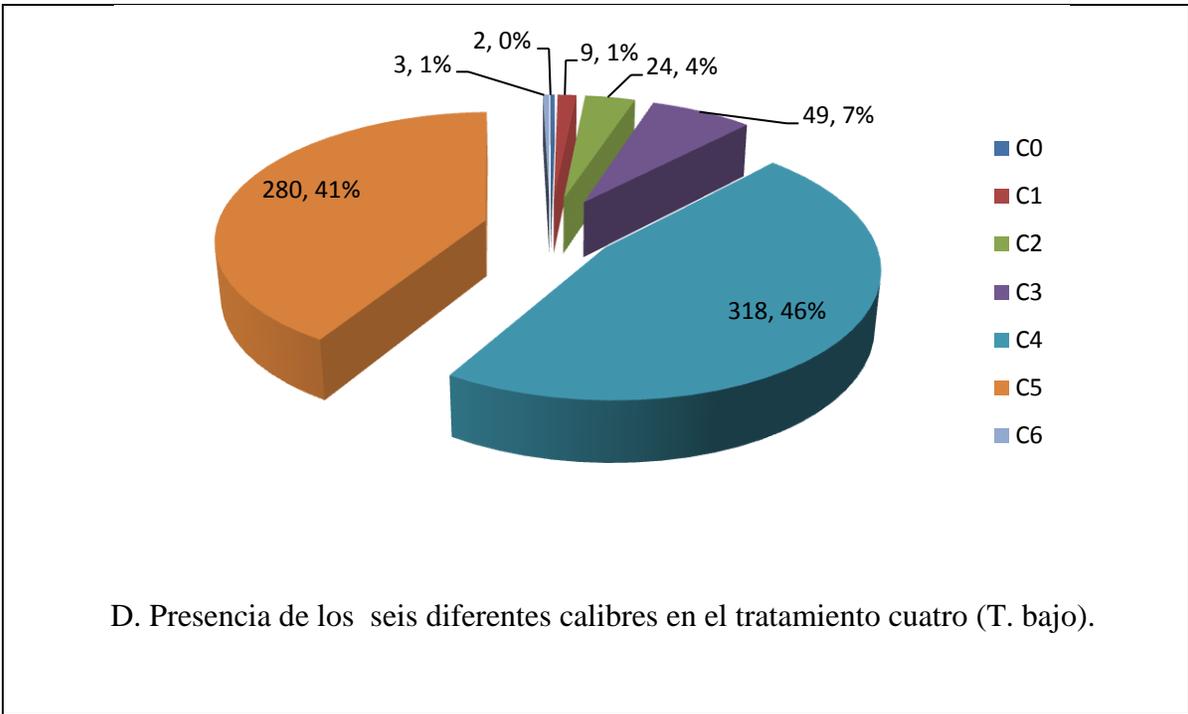


Figura 5.15 Presencia de los seis diferentes calibres en los tratamientos

El calibre de fruto mayormente presentada para los tratamientos uno, dos, tres y cuatro fue calibre (4) seguida de la calibre (5) 47-56 y 57-66 mm de diámetro respectivamente en cuanto al tratamiento cinco se presenta mayormente calibre (5) seguida de la calibre (6) de 67-81 mm de diámetro por lo cual se le considero como el tratamiento que con frutos de mayor tamaño. La cual también resulta ser el calibre menos presentado para los tratamientos T1 al T4 (Fig. 5.4.1).

## CONCLUSIONES

Al evaluar las cinco topologías diferentes del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) se determinó que la topología influye directamente en la cantidad de mano de obra a emplear en el cultivo, también la rentabilidad del cultivo se ve afectada por la topología ya que se presentan diferentes índices de rentabilidad debido a los diferentes rendimientos, calidades y costos de mano de obra por lo tanto la hipótesis planteada si se acepta.

Debemos identificar antes de elegir una topología en particular que tipo de producción pensada así como el tiempo que se desea mantener a dicho cultivo ya que cada topología afecta en la mano de obra a utilizar, producción, calidad y vida útil de las plantas de diferente grado.

El tratamiento (T2) bordos en conjunto a (T3) bolsas resultan ser cultivos precoces de rendimiento constante que entregan su producción en un menor tiempo que otros tratamientos, requieren de menor mano de obra. Pero en estos la planta sufre un mayor desgaste reduciendo su vida de producción más pronto situación que podría afectar severamente el rendimiento en un ciclo de mayor tiempo.

El tratamiento (T4) T. bajo es el sistema que presentó el mayor número de frutos al igual que T2 y es de los tratamientos más estables en rendimiento, al igual que T1 y T5 podrían mantenerse en producción por mayor tiempo, tiene el mejor rendimiento por semana así que si desea prolongar un número adicional de semanas será quien mejor responda a la prolongación de tiempo del cultivo.

Los tratamientos (T1) testigo y (T5) carro al consistir en un mismo sistema de tutorado y misma condición de sustrato coinciden en ser aquellos que entregan frutos de mayor calibre, en un ciclo corto como este resulta ser el de menor rentabilidad. Las plantas de estos sistemas en conjunto a las de (T4) tienen un menor desgaste por lo cual se propone

utilizarlos en ciclos de producción más largos ya que podrían mantenerse en producción por mayor tiempo.

El cultivo de tomate en bordos, se presenta mayor riesgo de presentarse más enfermedades debido a una mayor área foliar, presenta fuerte mente la posibilidad de agotar la vida útil de la planta de forma pronta.

Por tales motivos se considera como mejor tratamiento al tutoreo bajo por ser el tratamiento que conjunto a dos presenta los mejores rendimientos y segundo en rentabilidad y también el segundo en consumo de mano de obra al cual se le podrá explotar durante mayor tiempo que cualquier de los demás tratamientos por la capacidad del sistema de tutor y vida útil de las plantas. (Anexo 1)

### **Recomendaciones**

Otra manera de impactar en la rentabilidad del tomate es utilizar sistemas que favorezcan la vida útil de las plantas de tomate, que mantengan su nivel de producción e inclusive aumentar el tamaño de los frutos

Caso particular de las topologías como bordo y bolsa si se utiliza una bodega de almacenaje en el cual se aproveche la ventaja del tomate de ser un producto climatérico, cosechando los productos en un estado de madures inferior al rojo maduro como lo puede ser el nivel 3 y 4 pinto y rosa correspondientemente. De esta manera la planta mantendrá por menor tiempo al tomate gastando menos energías las cuales podrá enfocar en desarrollar más racimos con ello mayor número de frutos y una mejor calidad.

ANEXOS:

ANEXO 1

Tabla: Conclusiones

	Testigo (T1)	Bordo (T2)	Bolsa (T3)	T. Bajo (T4)	Carro (T5)
TIEMPO EMPLEADO	c	a $\rightarrow$	b	b	c
RENTABILIDAD COSTO-BENEFICIO MANO DE OBRA	d	a $\rightarrow$	b	b	d
RENDIMIENTO	b	a $\rightarrow$	b	ab	b
VIDA UTIL DE LA PLANTA	a	$\leq$ a 8 semanas	$\leq$ a 8 semanas	a*	a
CALIDAD	39%C4 42% C5	43%C4 36%C5	43%C4 36%C5	46% C4* 40%C5*	40% C5 26% C6

-  Primer mejor opción.
- $\rightarrow$  Rendimiento alto.
- \* Mejor rentabilidad.
-  Opción similar a la primera (2a.)

## FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Boris Corpeño 2004. Manual del cultivo de tomate. Agosto 2004 32pp.
- Fundación cajamar 2011. Evaluación de sistemas de descuelgue y deshojado en tomate. Abril 2011 81pp. [www.fundacioncajamar.es/files/81.pdf](http://www.fundacioncajamar.es/files/81.pdf)
- Fideicomiso Instituido en relación con la agricultura (Fira) 2008. Rentabilidad y costos de cultivos de jitomate. [www.fira.gob.mx](http://www.fira.gob.mx)
- Galicia 2005. Clasificación por tamaño para tomate en fresco
- HEWITT 1986. Fruit development. *In*: Atherton, J. and Rudich, J. eds. The Tomato Crop. London, Chapman & Hall. pp.201-241
- HO 1996. Tomato *In*: Zamski, E.; Schaffer, A. eds. Photoassimilate distribution in plant and crops. New York, Marcel Dekker, Inc. pp. 709-728
- Jaramillo Carmona Maribel, Arias Restrepo Jesús Hernando, Rengifo Martínez Teresita 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas. FAO. 316pp.
- Luxhoj y Giacomelli 1990 Comparison of labor standards for a greenhouse production system: A case study. *Int. J. Operations & Prod. Man.* 10(3): 38–49pp.
- Manzano-Agugliaro, Francisco; García-Cruz. 2009. Técnicas de estudio de tiempos para la planificación de la mano de obra en el cultivo de tomate. *Agro ciencia*, Vol. 43, Núm. 3, 267-27 pp.
- Mary Daboin & Eli Casadiego 2010. Estrategias técnicas y económicas para la producción y el procesamiento del tomate en invernaderos *Revista Electrónica Facultad de Ingeniería UVM Volumen 4 Edición No 2* 23pp.
- Mercado Luna & Rico García. Manual de producción de jitomate en variedades de crecimiento indeterminado bajo invernadero. 48pp.
- Niebel y Andris, 2003. *Methods, standards and work design*. McGraw hill. New York. 776 pp.
- Rucoba García, Armando Anchondo Nájera, Álvaro; Luján Álvarez, Concepción; Olivas García, Jesús Miguel. 2006. Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de tomate bajo invernadero en la Región Centro-Sur de Chihuahua. *Revista Mexicana de Agro negocios*.