

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EFFECTO DE FILTROS DE RADIACIÓN SOLAR SOBRE  
EL ABORTO FLORAL EN TOMATE BAJO MACROTÚNEL  
TESIS DE GRADO

**EVERARDO PELAEZ TURCIOS**  
CARNET 23767-07

ZACAPA, JUNIO DE 2015  
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EFFECTO DE FILTROS DE RADIACIÓN SOLAR SOBRE  
EL ABORTO FLORAL EN TOMATE BAJO MACROTÚNEL  
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**EVERARDO PELAEZ TURCIOS**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN CIENCIAS  
HORTÍCOLAS

ZACAPA, JUNIO DE 2015  
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

ING. SELVYN NEFTALI SANCE NERIO

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. RAMIRO ARNOLDO LOPEZ PINEDA  
ING. ÁNGEL OTTONIEL CORDÓN GARCÍA  
ING. JOSÉ ÁNGEL URZÚA DUARTE

Guatemala, 10 de julio del 2015

Consejo de Facultad  
Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente

Estimados Miembros del consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Everardo Pelaez Turcios, carné 23767-07m titulada: **"Efecto de tres filtros de radiación solar sobre el aborto floral en Tomate (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae) en condiciones de macrotunel"**

La cual que cumple con los requisitos establecidos por la facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Selvyn Sance  
Colegiado No. 2218  
Cod. Url 7579



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 06316-2015

**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante EVERARDO PELAEZ TURCIOS, Carnet 23767-07 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS, del Campus de Zacapa, que consta en el Acta No. 0666-2015 de fecha 6 de junio de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EFFECTO DE FILTROS DE RADIACIÓN SOLAR SOBRE  
EL ABORTO FLORAL EN TOMATE BAJO MACROTÚNEL

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO en el grado académico de LICENCIADO EN CIENCIAS HORTÍCOLAS.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 26 días del mes de junio del año 2015.

  
ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar



## **AGRADECIMIENTOS**

A:

Dios por darme la vida y la Bendición de poder superarme.

A mis padres por todo el apoyo incondicional que me brindaron para culminar mi meta.

A la Universidad Rafael Landívar, sede Zacapa por ser parte de mi formación profesional.

Ing. Selvyn Sance, por su asesoría y revisión de la presente investigación.

A todos los catedráticos que impartieron sus conocimientos durante mis años de formación.

## DEDICATORIA

- A DIOS: Por darme la sabiduría y fortaleza para culminar con éxito mi meta.
- MIS PADRES: Julio Cesar Pelaez Cuellar y Maria Esperanza Turcios por su amor incondicional, por su tiempo, sus consejos do en mí.
- MIS HERMANOS: Mariano Pelaez Turcios, Lucrecia Pelaez Turcios y Matilde Pelaez Turcios por el amor y el apoyo que me han demostrado en todo momento.
- MI FAMILIA: Sobrinos, tíos, primos por el apoyo y motivación brindado en todo momento.
- MIS AMIGOS: Nancy Medina, Byron Pelaez, Ángel Arévalo, José Carlos Ortiz, Omar Samayoa, Carlos Casasola, Alison Mendez, Dimas Perez, Zahyda Oliva, Victor Acevedo, por su compañerismo solidaridad y experiencias compartidas.

## INDICE GENERAL

Contenido	Página
RESUMEN	i
I. INTRODUCCION	1
II. MARCO TEORICO	2
2.1 ANTECEDENTES	2
2.2 CULTIVO DE TOMATE	3
2.2.1 Clasificación botánica	3
2.2.2 Fenología	5
2.3 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICAS	8
2.3.1 Luz	8
2.3.2 Temperatura	8
2.3.3 Humedad relativa	9
2.3.4 Suelo	10
2.4 PRODUCCIÓN DE TOMATE BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS	10
2.5 AGRICULTURA PROTEGIDA	11
2.5.1 Macrotúnel	12
2.5.2 Diferencia entre invernadero y túneles	14
2.6 MALLAS SOMBRA PARA MACROTÚNEL	15
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	18
IV. OBJETIVOS	19
4.1 OBJETIVO GENERAL	19
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
V. HIPÓTESIS	20
VI. MATERIALES Y METODOS	21
6.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO	21
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL	22
6.2.1 Tomate Variedad Retana F1	22
6.2.2 Malla 50% Raschel	22
6.2.3 Malla 35% Monofilamento	22
6.2.4 Malla 50% Monofilamento	22
6.3 FACTOR ESTUDIADO	23
6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	23
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	23
6.6 MODELO ESTADÍSTICO	23
6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL	24
6.8 CROQUIS DE CAMPO	24
6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO	25
6.9.1 Preparación del suelo	25
6.9.3 Colocación de manguera para riego	25
6.9.4 Acolchado	25
6.9.5 Colocación del macrotúnel	25
6.9.6 Colocación de filtros de radiación solar	26
6.9.7 Manejo del cultivo	26

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
6.9.8 Cosecha	27
6.10 VARIABLES RESPUESTA	27
6.10.1 Parámetros ambientales	27
6.10.2 Aborto floral	28
6.10.3 Calidad de los frutos de tomate	28
6.10.4 Rendimiento	30
6.10.5 Rentabilidad	30
6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	30
6.11.1 Análisis estadístico	30
6.11.2 Análisis de rentabilidad	31
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
7.1 PARÁMETROS CLIMÁTICOS DENTRO DEL MACROTÚNEL	32
7.1.1 Humedad relativa dentro de macrotunel	32
7.1.2 Temperatura media dentro del macrotúnel	33
7.2 PORCENTAJE DE ABORTO FLORAL Y DE CUAJE DE FRUTOS	34
7.3 CALIDAD DE LOS FRUTOS DE TOMATE	37
7.3.1 Firmeza de los frutos de tomate	37
7.3.2 Sólidos solubles totales (grados brix) en tomate	38
7.3.3 Tamaño del fruto de tomate	40
7.3.4 Peso del fruto de tomate de acuerdo al tamaño	41
7.4 RENDIMIENTO DE TOMATE	41
7.4.1 Rendimiento total de tomate	41
7.4.2 Rendimiento comercial del tomate	43
7.5 ANÁLISIS ECONÓMICO EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE	45
VIII. CONCLUSIONES	49
IX. RECOMENDACIONES	50
X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	51
ANEXOS	

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1	Temperaturas y efectos producidos en tomate	9
2	Relación de las temperaturas en los diferentes estados de desarrollo de las plantas.	9
3	Descripción de los tratamientos evaluados.	23
4	Análisis de varianza para el porcentaje de aborto floral en el cultivo de tomate de los tratamientos evaluados, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	35
5	Análisis de varianza para la variable cuaje de frutos de tomate en los tratamientos evaluados, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	36
6	Análisis de varianza para la variable firmeza de los frutos de tomate en los tratamientos evaluados, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	37
7	Análisis de varianza para los sólidos solubles totales de los frutos de tomate utilizando tres coberturas de sombra de malla, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	39
8	Análisis de varianza para el rendimiento total de frutos de tomate utilizando tres coberturas de sombra de malla, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	43
9	Análisis de medias de Tukey para el rendimiento total de frutos de tomate, con relación a la evaluación de tres coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	43
10	Análisis de varianza para el rendimiento total de frutos de tomate utilizando tres coberturas de sombra de malla, en valle de Salamá, Baja Verapaz.	44
11	Costos de producción de los tratamientos evaluados con relación a la evaluación de tres coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	46
12	Ingreso bruto de los tratamientos y por calidad del fruto de tomate.	47

<b>Cuadro</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
13	Rentabilidad de la producción de tomate, con relación a la evaluación de tres coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	47
14	Resumen de las condiciones de producción de frutos de tomate, con relación a la evaluación de tres coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	48

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1	Etapas fenológicas del cultivo del tomate ( <b>SQM VITAS, 2006</b> ).	7
2	Croquis de la parcela neta.	24
3	Refractómetro PCE 4582 (PCE Instruments, 2015).	28
4	Penetrómetro Shore A Modelo 5023-2.	29
5	Humedad relativa en los tratamientos con coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	32
6	Temperatura en los tratamientos con coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	34
7	Análisis de medias de Tukey para el porcentaje de aborto floral en el cultivo de tomate en los tratamientos con coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	35
8	Análisis de medias de Tukey para el porcentaje de cuaje de frutos en el cultivo de tomate en los tratamientos con coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	36
9	Análisis de la media de Tukey para la firmeza de los frutos de tomate en los tratamientos con coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	38
10	Grados brix en los frutos de tomate según los tratamientos con cobertura de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	39
11	Porcentaje de frutos de tomate por tamaño según los tratamientos de cobertura de sombra evaluados, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	40
12	Peso de los frutos de tomate por tamaño según los tratamientos de cobertura de sombra evaluados, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	41
13	Rendimiento total de frutos de tomate según los tratamientos de cobertura de sombra evaluados, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	42
14	Análisis de medias de Tukey para el rendimiento comercial de frutos de tomate según los tratamientos de cobertura de sombra evaluados, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.	44

# **EFFECTO DE FILTROS DE RADIACION SOLAR SOBRE EL ABORTO FLORAL EN TOMATE BAJO MACROTÚNEL**

## **RESUMEN**

Se evaluó el efecto del uso de mallas sombra sobre el aborto floral en tomate de la variedad Retana F1, bajo condiciones de macrotúnel, en el valle de Salamá, Baja Verapaz. Los productos evaluados fueron: malla Raschel 50%, malla monofilamento 50%, malla monofilamento 35% y sin cobertura de malla sombra. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables de respuesta fueron: temperatura en °C, porcentaje de humedad relativa, calidad de los frutos (sólidos solubles en grados brix, firmeza del fruto en kg/cm<sup>2</sup>, tamaño de los frutos en mm/fruto, peso promedio del fruto en g/fruto), rendimiento total y comercial en kg/ha y viabilidad económica. Los resultados obtenidos mostraron que la cobertura de sombra malla Raschel 50%, aumentó la temperatura en 3 °C y disminuyó el porcentaje de humedad relativa en 10%, causando menor porcentaje de aborto floral e incrementando el porcentaje de cuaje de frutos; los frutos presentaron 6.74 kg/cm<sup>2</sup> de firmeza, 6.58 °brix, un incremento del 11 y 25% del tamaño y peso de frutos de tomate con relación al testigo, se tuvo un rendimiento comercial de 40,820.00 kg/ha (producto del rendimiento de 36,615.64 kg/ha de frutos de primera calidad, 2,490.02 kg/ha de frutos de segunda calidad y 1,714.44 kg/ha de frutos de tercera calidad), 32% mayor que el tratamiento testigo. La malla Raschel 50% constituye una alternativa económica y rentable para la producción de frutos de tomate, con una rentabilidad de 53.63%. Por lo que se recomienda técnica y financieramente para mejorar la calidad y rendimiento de tomate variedad Retana F1, bajo condiciones de macrotúnel en el valle de Salamá, Baja Verapaz, utilizar la cobertura malla Raschel 50%.

# **EFFECT OF SOLAR RADIATION FILTERS ON THE FLORAL ABORTION IN TOMATO UNDER MACROTUNNEL**

## **SUMMARY**

The effect of the use of shadow mesh on the floral abortion of Retana F1 variety tomato, under macrotunnel conditions, was evaluated in the Salamá Valley, Baja Verapaz. The evaluated products were: 50% Raschel mesh, 50% monofilament mesh, 35% monofilament mesh, and without shade mesh coverage. A complete randomized block design with four treatments and four replicates was used. The response variables were: temperature in °C, relative humidity, fruit quality (soluble solids in brix degrees, fruit firmness in kg/cm<sup>2</sup>, fruit size in mm/fruit, average fruit weight in g/fruit), total and commercial yield kg/ha, and economic viability. The results showed that the 50% Raschel shadow mesh coverage increased the temperature by 3°C and reduced the relative humidity percentage by 10%, giving place to a lower floral abortion rate and increasing the percentage of fruit setting. The fruits showed 6.74 kg/cm<sup>2</sup> of firmness, 6.58° brix, and an increase of 11% to 25% in size and weight of tomato fruits compared with the witness. A commercial yield of 40,820.00 kg/ha (from the yield of 36,615.64 kg/ha of first quality fruits, 2,490.02 kg/ha of second quality fruits and 1,714.44 kg/ha of third quality fruit) was obtained, which is 32% higher than the control treatment. The 50% Raschel mesh is an economic and cost-effective alternative to tomato production, with a 53.63% return. Therefore, technically and financially, it is recommended to use 50% Raschel mesh coverage to improve the quality and yield of Retana F1 variety tomato under macrotunnel conditions in the Salamá Valley, Baja Verapaz.

## I. INTRODUCCION

El tomate se cultiva para el aprovechamiento de sus frutos, constituye una de las hortalizas de mayor consumo en Guatemala y forma parte de la dieta alimenticia de la mayoría de la población, es una fuente importante generadora de 2,678,400 empleos directos y 9,566 empleos permanentes a nivel nacional (FASAGUA, 2013).

En Guatemala la tecnología de protección de cultivos bajo cubierta y casas malla, inició a finales del año 2001, con estructuras muy sencillas y básicas, en donde lo único que se pretendía era aislar el cultivo en cuestión de los insectos vectores de virus. Esta tecnología fue observada por algunos productores quienes luego de verificar los resultados fueron adoptando la tecnología (Cruz, 2010).

Debido al deterioro del medio ambiente, que se da en el valle de Salamá, como consecuencia de un mal manejo y malas prácticas agrícolas, se ha dado un incremento de plagas por lo cual, los agricultores tienen la necesidad de implementar nuevas tecnologías, como es el caso del uso de macrotúneles,

Con la utilización de esta nueva tecnología, que genera un microambiente semi controlado, se ha logrado controlar el efecto negativo de las plagas, pero se han creado nuevos problemas como la perdida floral, debido a las altas temperaturas y las condensaciones de la humedad causan problemas en la polinización y desarrollo de enfermedades fúngicas.

Ante esta realidad se propone evaluar tres tipos de materiales utilizándolos como filtros de radiación solar, para conocer la influencia de ellos en el aborto floral debido al cambio de la temperatura, ya que esta es uno de los factores principales para que se dé el aborto y así obtener un mejor rendimiento y calidad.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 ANTECEDENTES

En Guatemala la tecnología de protección de cultivos bajo cubierta y casas malla, inició a finales del año 2001, con estructuras muy sencillas y básicas, en donde lo único que se pretendía era aislar el cultivo en cuestión de los insectos vectores de virus. Esta tecnología fue observada por algunos productores quienes luego de verificar los resultados fueron adoptando la tecnología (Cruz, 2010).

El tomate se cultiva para el aprovechamiento de sus frutos, constituye una de las hortalizas de mayor consumo en Guatemala, ya que forma parte de la dieta alimenticia de la mayoría de la población, es una fuente importante generadora de 2, 678,400 empleos directos y 9,566 empleos permanentes a nivel nacional (FASAGUA, 2013).

El macrotúnel es otro tipo de invernadero, es una estructura formada por arcos metálicos o de PVC semicirculares con base de 3 a 8 m, situados a una distancia de 1.5 a 3 m sobre los que se tiende una lámina de plástico u otro material no rígido. La ventaja que presenta el Macrotúnel es el de proporcionar una barrera física contra plagas y un mejor control de la temperatura (Pérez, 2010).

Los cobertores pueden ser de diferente material; color, formas ancho y perforaciones, las cuales cumplen el objetivo de protección, en el año 1999, fue cuando ingreso a la agricultura guatemalteca las telas no tejidas de polipropileno, iniciando en cultivos como el melón y banano, hasta hoy en día que se han extendido a tomate, chile, pepino, sandia entre otros (Cacao, 2004).

Según Castillo (2007), Salamá figura como una de las regiones de producción de tomate más importante a nivel nacional. El cultivo en esta área influye en el mercado nacional ya que sus cosechas en muchas ocasiones han decidido en la fluctuación de los precios en el país.

De acuerdo con González (2011), en el Valle de Salamá se siembra en promedio 368 hectáreas de tomate, principalmente del híbrido Silverado, en cada una de las dos temporadas de siembra, aunque se tienen una tendencia a mayor extensión en la segunda temporada, la cual podría llegar a sembrarse hasta 410 hectáreas de tomate.

## **2.2 CULTIVO DE TOMATE**

### **2.2.1 Clasificación botánica**

Según Villela (2000), la descripción taxonómica del tomate es la siguiente:

<b>Reino</b>	Viridiplantae
<b>Subreino</b>	Tracheobionta
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Género</b>	Solanum
<b>Especie</b>	<i>S. lycopersicum</i>
<b>Nombre binomial</b>	<i>Solanum lycopersicum</i>

La descripción botánica del tomate es la siguiente:

El tomate es una planta perenne, de porte arbustivo, que se cultiva como anual, puede desarrollarse de forma rastrera, semirrecta o erecta, y su crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitados en las indeterminadas (Corpoño, 2004; Chinchilla, 2005; Jaramillo, Rodríguez, Guzmán, Zapata y Rengifo, 2007).

El sistema radical del tomate consta de una raíz principal típica de origen seminal y numerosas raíces secundarias y terciarias; la raíz principal puede alcanzar hasta 60 cm

de profundidad; sin embargo, cuando la planta se propaga mediante trasplante, como sucede generalmente, la raíz principal se ve parcialmente detenida en su crecimiento, en consecuencia se favorece el crecimiento de raíces secundarias laterales, las que principalmente se desenvuelven entre los 5 y 70 cm de la capa del suelo. Las porciones de tallo y en particular la basal, en condiciones adecuadas de humedad y textura del suelo, tienden a formar raíces adventicias (Corpoño, 2004; Chinchilla, 2005; Jaramillo *et al.*, 2007).

El tallo principal tiene 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis; sobre el tallo se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias. Éste tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con el suelo, característica importante que se aprovecha en las operaciones culturales de aporque, dándole mayor anclaje a la planta (Corpoño, 2004; Chinchilla, 2005; Jaramillo *et al.*, 2007).

La flor es perfecta o hermafrodita, regular e hipógina y consta de cinco o más sépalos y de seis o más pétalos; tiene un pistilo con cinco estambres, unidos en sus anteras y formando un tubo que encierra el pistilo. Esta conformación favorece la autopolinización. El pistilo está compuesto de un ovario y de un estilo largo, simple y levemente engrosado; el ovario tiene entre dos y 20 óvulos formados según la variedad, y éstos reflejan la forma del fruto que podría desarrollarse. Las flores se agrupan en racimos simples ramificados que se desarrollan en el tallo y en las ramas del lado opuesto a las hojas. Un racimo puede reunir de 4 a 20 flores dependiendo de la variedad cultivada y las condiciones de desarrollo de la planta; una variedad de fruto pequeño como cherry puede tener hasta 40 flores por inflorescencia. Las flores son amarillas y normalmente pequeñas (uno a dos cm de diámetro). La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2 a 3 hojas (Corpoño, 2004; Chinchilla, 2005; Jaramillo *et al.*, 2007).

Las hojas son compuestas imparipinadas con siete a nueve folíolos, los cuales generalmente son peciolados, lobulados y con borde dentado, y recubiertos de pelos

glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo (Corpoño, 2004; Chinchilla, 2005; Jaramillo *et al.*, 2007).

El fruto es una baya que presenta diferente tamaño, forma, color, consistencia y composición, según el cultivo que se trate. Está constituido por la epidermis o piel, la pulpa, el tejido placentario y las semillas. Internamente los frutos están divididos en lóculos, que pueden ser bi, tri, tetra o pluriloculares. Frutos uniloculares son escasos y los frutos maduros pueden ser rojos, rosados o amarillos. En los lóculos se forman las semillas. La maduración del fruto puede ser uniforme, pero existen algunas variedades que presentan hombros verdes debido a un factor genético. La exposición directa de los rayos del sol sobre los frutos con hombros verdes acrecienta su color a un verde más intenso, y en algunos casos toman una coloración amarilla; el cubrimiento de los frutos con el follaje reduce este fenómeno. Es importante al momento de elegir una variedad determinar si el mercado acepta esta característica (Corpoño, 2004; Chinchilla, 2005; Jaramillo *et al.*, 2007).

La semilla del tomate es pequeña, con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm, éstas pueden ser de forma globular, ovalada, achatada, casi redonda, ligeramente alongada, plana, arriñonada, triangular con la base puntiaguda. La semilla está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, la cual está recubierta de pelos. Las semillas dentro del lóculo, en sus últimas etapas de desarrollo, aparecen inmersas en una sustancia gelatinosa (Corpoño, 2004; Chinchilla, 2005; Jaramillo *et al.*, 2007).

### **2.2.2 Fenología**

Para SQM VITAS (2006), las variedades de tomate que se cultivan, indeterminadas y determinadas, pasan por las mismas etapas fenológicas.

En el caso de crecimiento indeterminado los tallos principales y laterales continúan su crecimiento. El número de hojas entre las inflorescencias es aproximadamente permanente comenzando de un número específico de flores. Las variedades

indeterminadas son producidas para el mercado fresco y se cosechan a mano dentro de un cierto periodo de tiempo (SQM VITAS, 2006; Cartujano, 1984).

Como se indicó anteriormente, los tomates indeterminados pasan por las mismas fases fenológicas que los determinados, con la diferencia que el periodo de crecimiento (período de cosecha) en invernadero puede ser más largas que la producción al aire libre. Los tomates al aire libre tienen un periodo de vida de 90 a 150 DDT (días después de trasplante). Los tomates de invernadero tienen un periodo de vida de 120 a 300 DDT (SQM VITAS, 2006; Cartujano, 1984).

En el caso de crecimiento determinado los tallos principales y laterales dejan de crecer después que un número específico de inflorescencias que se desarrollan, las que varían de acuerdo con la variedad. Las variedades determinadas, usadas para propósitos industriales, se cosechan manualmente en 2 a 3 recolecciones o se cosechan mecánicamente en una sola operación. La uniformidad del cultivo y de la fruta (tamaño y madurez) es por consiguiente importante, sobre todo en caso de cosecha mecánica (SQM VITAS, 2006; Pérez, Hurtado, Aparicio, Argueta y Larín, 2002; Cartujano, 1984).

El tomate tiene varias etapas de desarrollo en su ciclo de crecimiento: Establecimiento de la planta joven, crecimiento vegetativo, floración, desarrollo de la fruta y maduración (Figura 1). Cada etapa es diferente con respecto a sus necesidades nutritivas. En virtud de esto, se analizan las etapas fenológicas del tomate cultivado al aire libre. La información es solamente indicativa, ya que el tiempo dependerá de la variedad, condiciones medioambientales y manejo del cultivo (SQM VITAS, 2006; Pérez *et al.*, 2002).

**Establecimiento de la planta:** Se enfoca en el desarrollo firme de la raíz y la formación inicial de las partes aéreas de la planta (SQM VITAS, 2006; CATIE, 1990).

**Crecimiento vegetativo:** Ocurre en los primeros 40-45 días, después de lo cual las frutas empiezan a desarrollarse continuamente. Este periodo es seguido por otras 4 semanas

de crecimiento rápido, mientras la planta está floreciendo y está desarrollando frutas. Después de 70 días, no hay casi ningún desarrollo vegetativo, ni acumulación de materia seca en hojas y tallos (SQM VITAS, 2006, Pérez *et al.*, 2002, CATIE, 1990).

Floración y cuaja: Dependiendo de la variedad, las condiciones medioambientales y el manejo del cultivo, la floración y cuaja empiezan entre los 20 a 40 días después del trasplante y continúan durante el resto del ciclo de crecimiento. La polinización se efectúa por medio de abejas, viento y aplicación de hormonas (auxinas) para promover la cuaja (SQM VITAS, 2006; CATIE, 1990).

Desarrollo de fruta: Después de la floración y cuaja, la fruta empieza a desarrollarse y a crecer, y logra en este periodo la mayor acumulación de materia seca en la fruta, a un ritmo relativamente estable (SQM VITAS, 2006, CATIE, 1990).

Madurez fisiológica y cosecha: En promedio, se logra la madurez de fruta a los 80 días después del trasplante. La cosecha continúa permanentemente, a menos que se detenga por razones climáticas (heladas) o por razones económicas (SQM VITAS, 2006).

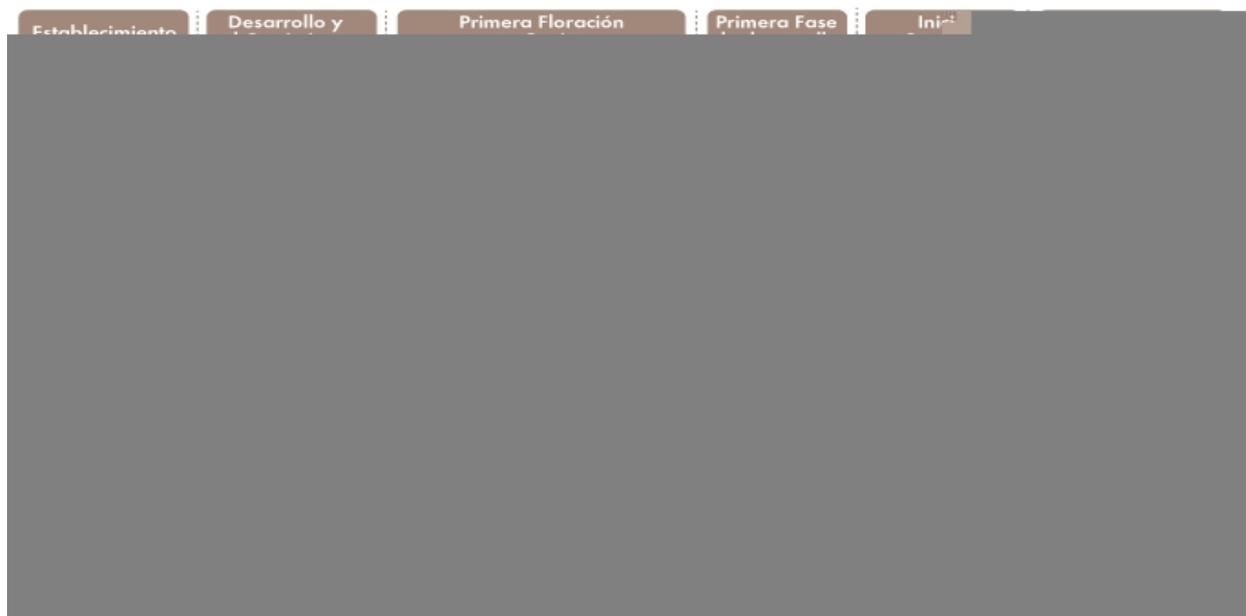


Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo del tomate (SQM VITAS, 2006).

## **2.3 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICAS**

### **2.3.1 Luz**

La cantidad de radiación global determina la cantidad de azúcares producida en las hojas durante la fotosíntesis. Mientras más alta es la cantidad producida de azúcares, la planta puede soportar más frutas, por lo tanto el rendimiento de tomate puede ser más alto. El tomate es sensible a las condiciones de baja luminosidad, ya que el cultivo requiere un mínimo de 6 horas diarias de luz directa del sol para florecer. Sin embargo, ya que el largo del día no es un factor crítico en la producción de tomates, los invernaderos se encuentran en un amplio rango de latitudes en el mundo (Rodríguez, 2010).

Si la intensidad de la radiación solar es demasiado alta, se pueden producir partiduras de fruta, golpes de sol, y coloración irregular a la madurez. Un follaje abundante ayudará prevenir la quemadura del sol. Los niveles adecuados de potasio y calcio mantendrán la turgencia y la fortaleza de la célula y así hará que la célula de la planta sea más resistente a la pérdida de agua y consecuentemente también a la quemadura del sol (Rodríguez, 2010).

### **2.3.2 Temperatura**

La temperatura es el principal factor climático que influye en la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta. El desarrollo satisfactorio de sus diferentes fases (germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos) depende del valor térmico que la planta alcanza en el invernadero en cada periodo crítico (Jaramillo *et al.*, 2007).

Según Jaramillo *et al.* (2007), en un invernadero, cuando se produce un aumento de temperatura, ésta provoca en la planta una intensificación de todos los procesos biológicos y térmicos bien definidos que es necesario conocer en las plantas cultivadas en invernadero (Cuadro 1).

Cuadro 1. Temperaturas y efectos producidos en tomate.

Temperatura	Efecto que produce en la planta
Mínima 8-12° C	Los procesos de toma de nutrientes y crecimiento alcanzan una intensidad mínima o se detienen; si la temperatura mínima se prolonga por varios días la planta se debilita, y si ocurren temperaturas por debajo de este nivel, la planta sufre una progresiva decadencia o muerte.
Óptima 21-27° C	Todos los procesos bioquímicos se desarrollan normalmente; el crecimiento vegetativo, la floración y la fructificación son adecuados.
Máxima 32-36° C	Los procesos bioquímicos y de toma de nutrientes están al máximo, son excesivos y agotadores para la planta, se presentan desórdenes fisiológicos y se detiene la floración; cuando estas temperaturas se prolongan ocurre la muerte de la planta.

(Jaramillo *et al.*, 2007).

De acuerdo a Rodríguez (2010), el tomate es un cultivo capaz de crecer y desarrollarse en condiciones climáticas variadas. La temperatura óptima para el crecimiento está entre 21 a 27 °C, y para el cuajado de frutos durante el día está entre 23 a 26 °C y durante la noche entre 14 a 17 °C (Cuadro 2).

Cuadro 2. Relación de las temperaturas en los diferentes estados de desarrollo de las plantas.

Estado de desarrollo	T. mínima (° C)	T. óptima (° C)	T. máxima (° C)
Germinación	11	16-29	34
Crecimiento	18	21-24	32
Cuajado de frutos durante el día	10	23-26	32
Cuajado de frutos durante la noche	10	14-17	22
Producción del pigmento rojo (licopeno)	10	20-24	30
Producción de pigmento amarillo ( $\beta$ caroteno)	10	21-23	40
Temperatura del suelo	12	20-24	35

(Jaramillo *et al.*, 2007).

### 2.3.3 Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo de tomate oscila entre un 60 a 80%. Humedad relativa muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Fasagua, 2006).

### **2.3.4 Suelo**

El tomate se desarrolla bien en diferentes tipos de suelo prefiriendo los franco-arcillosos y francos ricos en materia orgánica, bien drenados y con un pH de 6 a 7. Si el pH está debajo de 5 será necesario el encalado y si se encuentra por encima de 7 provocará disminución del rendimiento. Cuando lo importante es la precocidad en la maduración del fruto, se prefieren los suelos franco arenoso que sean bien drenados. Al contrario, cuando la precocidad no es importante y se requiere altos rendimientos, son importantes los suelos franco arcillosos y franco limosos. Las lluvias excesivas causan lavado de nutrientes y favorecen la aparición de enfermedades diversas (Castillo, 2004).

## **2.4 PRODUCCIÓN DE TOMATE BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS**

Para Carrera (2010) citando a Bruzón (2000), la producción de tomate bajo condiciones protegidas se basa principalmente en la siembra de variedades híbridas; estas semillas son desarrolladas por mejoradores genéticos especialistas y vendidas por compañías comerciales. Las ventajas de las semillas híbridas son su muy alto vigor, buena uniformidad, alta producción y calidad y a algunas se les ha incorporado resistencia a enfermedades. El productor debe comprar semillas certificadas, producidas por compañías acreditadas y apropiadamente empacadas, y que en la etiqueta se incluya las características del material y las condiciones de almacenamiento de la semilla. Además, que hayan sido evaluadas con relación a su rendimiento y productividad en las condiciones agroecológicas donde se va a sembrar.

Por lo tanto, para Carrera (2010) citando a Bruzón (2000), La elección de un híbrido o una variedad específica depende de las necesidades del productor, del comercializador y del consumidor. El material para sembrar será aquel que reúna todas las exigencias de cada agente de la cadena de producción. El productor selecciona un material de alto rendimiento, adaptado a sus condiciones agroecológicas, con resistencia a enfermedades, considerando principalmente los antecedentes fitosanitarios, del suelo y del clima del área donde se cultivará, y con una vida poscosecha adecuada para resistir

la manipulación y soportar el transporte a los centros de comercialización. Para los comercializadores y distribuidores de mercado, la apariencia, firmeza, comportamiento de maduración y la vida en estante son los factores más importantes. Por otra parte, los consumidores consideran de buena calidad un tomate firme, de color y maduración uniforme, de buen sabor y contenido nutricional, y posiblemente con una mayor larga vida en estante.

## **2.5 AGRICULTURA PROTEGIDA**

Para Bastida y Ramírez (2008), la agricultura protegida se realiza bajo estructuras construidas con la finalidad de evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas. Así, mediante el empleo de diversas cubiertas se reducen las condiciones restrictivas del clima sobre los vegetales. A través de los años pero sobre todo en las últimas décadas se han desarrollado varios tipos de estructuras para la protección de las plantas que plantean diferentes alternativas generar condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de cultivos, de acuerdo a los requerimientos climáticos de cada especie y en concordancia con los factores climáticos de cada región

Las principales especies cultivadas en este sistema de producción son: hortalizas como tomate (*Solanum lycopersicum*), pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), melón (*Cucumis melo* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.); plantas ornamentales y flores de corte tales como rosas (*Rosa hybrida* L.), gerbera (*Gerbera* spp.) y crisantemo (*Chrysanthemum* spp). Adicionalmente, en agricultura protegida también se producen plántulas de hortalizas para trasplante a campo abierto, así como plantas medicinales y aromáticas (Bastida y Ramírez, 2008).

De acuerdo a Santos y Salamé (2013), en la agricultura protegida se obtienen producciones con alto valor agregado. Además de:

- a) Proteger los cultivos de las bajas temperaturas.
- b) Reducir la velocidad del viento.

- c) Limitar el impacto de climas áridos y desérticos.
- d) Reducir los daños ocasionados por plagas, enfermedades, nematodos, malezas, pájaros y otros predadores.
- e) Reducir las necesidades de agua.
- f) Extender las áreas de producción y los ciclos de cultivo.
- g) Aumentar la producción, mejorar la calidad y preservar los recursos mediante el control climático.
- h) Garantizar el suministro de productos de alta calidad a los mercados hortícolas.
- i) Promover la precocidad (adelanto de la cosecha).
- j) Producir fuera de época.

### **2.5.1 Macrotúnel**

Para Castellanos (2007), los macrotúneles son estructuras que no tienen las características apropiadas en ancho y altura al canal para ser consideradas invernaderos pero ya permiten que las labores se realicen en el interior. Tienen de 4 a 5 m de ancho y 2 a 3 m de altura en la parte más elevada, con longitudes variables que para facilitar su manejo se recomienda no sean mayores a 60 m, aunque existen algunos de hasta 100 m de largo. Este tipo de estructuras son ideales para semilleros o almácigos de especies hortícolas y ornamentales, como abrigo en la propagación vegetativa de especies de interés comercial y para la producción de hortalizas y plantas ornamentales. Tienen como ventaja su fácil construcción y como principal desventaja, con respecto a los invernaderos es que retienen menos calor en la noche, debido a su poco volumen. Otra desventaja es su elevada temperatura durante el día por carecer de ventilación natural.

Otra ventaja respecto a los micro túneles (mini invernaderos), es que mantienen más alta la temperatura nocturna ya que el volumen de aire calentado durante el día es mayor. Por lo general, en la construcción de estos tipos de estructuras se emplean perfiles tubulares, redondos, cuadrados o rectangulares y se cubren con polietileno o mallas sombra. Son estructuras recomendables para aficionados y personas que se inician en el manejo de cultivos bajo cubierta. Los macro túneles pueden ser estructuras unitarias

o en batería. Una variante de su uso es unir invernaderos tipo túnel para formar baterías, facilitando el manejo y las labores (Castellanos, 2007),

Los macrotúneles según Navas (2005), tiene algunas ventajas e inconvenientes.

#### Ventajas

- a) Alta resistencia a los vientos y fácil instalación (recomendable para productores que se inician en el cultivo protegido).
- b) Alta transmisión de la luz solar.
- c) Apto tanto para materiales de cobertura flexibles como rígidos.

Otras ventajas de los cultivos protegidos por estructuras como los macrotúneles respecto a los realizados al aire libre, según Szczesny (2000) son:

- a) Mayor productividad, los rendimientos por unidad de superficie aumentan considerablemente y con ellos los ingresos para el productor.
- b) Mejora la calidad comercial: ya que los productos obtenidos son más uniformes, de mayor tamaño, mejor presentación y realza las características organolépticas.
- c) Mayor control de las condiciones ambientales, evitando altas variaciones térmicas, daño por viento, lluvias, granizo, heladas, escaldaduras de sol, etc., logrando con ello además la primicia y prolongar el período de cosecha.
- d) Permite un mejor manejo, prevención y control de enfermedades y plagas.
- e) El trabajo se hace más cómodo, placentero y seguro, evitando la pérdida de jornales por condiciones climáticas adversas o ausencias por enfermedad.

Para Szczesny (2000) las desventajas son:

- a) Relativamente pequeño, volumen de aire retenido (escasa inercia térmica) pudiendo ocurrir el fenómeno de inversión térmica.
- b) Solamente recomendado en cultivos de bajo a mediano porte (lechuga, flores, tomate, chile, pepino, etc.).

También presenta algunas características a tener en cuenta.

- a) La inversión es mayor ya que desde el punto de vista financiero se debe disponer de un capital inicial importante aunque económicamente se lo amortice en los años de vida útil de cada uno de los materiales.
- b) El capital arriesgado también es mayor.
- c) El costo de producción es más alto, exige mayor incorporación de tecnología.
- d) El productor y los operarios deben tener conocimientos específicos de la actividad (asesoramiento, capacitación).

Para la construcción del macro-túnel según León (2008), es necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) Preparar el suelo realizando las enmiendas necesarias, según el análisis de suelos.
- b) Orientar los túneles de acuerdo al terreno y dirección del viento.
- c) Hacer los tablones de acuerdo a medidas para siembra del cultivo.
- d) Desinfectar los tablones (Desinfectar 15 días antes de trasplante).
- e) Colocar cinta para riego.
- f) Colocar el mulch.
- g) Perforar los agujeros para la siembra.
- h) Trazar sobre el terreno la colocación de los arcos colocación de pines de acuerdo a las siguientes medidas:
  - \* Distancia entre cada túnel: 0.70 m. (ajustes mínimo 0.60 m.)
  - \* Distancia entre arcos: 6 m. máximo
  - \* Ancho de túnel: ideal 3.80 m. mínimo 3.60 m. máximo 4 m.
  - \* Se colocan 7 pitas para tutores, comenzando a 1 m. del suelo.

## **2.5.2 Diferencia entre invernadero y túneles**

Según Moreno (2007), no existe una línea divisoria bien definida entre un invernadero tipo túnel y un macro túnel, sin embargo, se ha optado por considerar como elemento de

referencia el volumen de aire encerrado por metro cuadrado de piso cubierto. Este criterio define la capacidad global de la instalación para mantener uno de los parámetros fundamentales en su manejo, la temperatura, así cuando mayor sea el volumen de aire encerrado bajo la cubierta, mayor será la cantidad de calor acumulada durante el día, por unidad de superficie, misma que disminuirá paulatinamente durante la noche, de esta forma una estructura con un volumen mayor tiene más inercia térmica, lo cual representa una ventaja en cuanto a gastos de instalación.

De acuerdo a Moreno (2007), algunas consideraciones para diferenciar túneles bajos y altos, así como invernaderos:

- a) Túnel bajo. Estructura con una relación volumen/superficie (v/s) de 1/1 a 1.7/1, es decir, de 1 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> a 1.7 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup>. Son simples estructuras dentro de las cuales apenas se pueden realizar alguna labor mínima de cultivo.
- b) Túnel alto. Estructura con relación v/s de 1.8/1 a 3/1, en las que se puede trabajar en su interior, cuentan con posibilidades de ventilación controlada y pueden disponer del algún dispositivo de calefacción
- c) Invernaderos. Estructuras con relación v/s superiores a 3/1. Uno de los elementos distintivos del invernadero respecto a la demás estructuras de protección es la facilidad del desplazamiento de los trabajadores para realizar las labores dentro del invernadero, así como los medios mecánicos y la disponibilidad de manejo y control del ambiente interno, condiciones que precisan de determinadas dimensiones en cuanto a altura, anchura, y por lo tanto del volumen por unidad cubierta

## **2.6 MALLAS SOMBRA PARA MACROTÚNEL**

Los plásticos han permitido convertir tierras aparentemente improductivas en modernas explotaciones agrícolas. El plástico en agricultura se utiliza en: invernaderos, macrotúneles, micro túneles, encamados, para el control de plagas (plásticos fotoselectivos), en el control de enfermedades (solarización), en el riego, etc. (INFOAGRO, 2003).

Las mallas sombra son elementos que se emplean para disminuir la cantidad de energía radiante que llega a los cultivos. Las mallas no sólo se utilizan como elemento de sombreo, sino que se emplean en las ventanas de los invernaderos con el objetivo de impedir la entrada de insectos y reducir el uso de pesticidas. Las mallas empleadas para cubrir completamente estructuras de los macrotúneles consisten en una tela tejida de plásticos con entramados de cuadros de diferentes tamaños que sirve como cubierta protectora que regula la cantidad de luz que llega a las plantas y proteger los efectos del granizo, insectos, aves y roedores (Moreno, 2007).

Mediante el empleo de mallas se puede reducir entre 10 a 95% del total de la radiación solar. La cantidad de luz que se deja pasar al interior depende de la especie que se tenga en cultivo. Con las mallas no se evita el paso del agua de lluvia, además son permeables al viento. Generalmente las estructuras sobre las que se colocan las mallas sombra son metálicas pero también pueden ser construidas con madera (Moreno, 2007).

Las mallas de color negro son las más utilizadas. Los materiales más comunes para la fabricación de mallas sombras son el polietileno y polipropileno, también se empieza a utilizar el poliéster. La duración de las mallas de polietileno, con un buen manejo, puede ser de cuatro años mientras que las de polipropileno pueden durar hasta diez años (Moreno, 2007).

El objetivo del empleo de una malla sombra no sólo es reducir la cantidad de luz, también tiene como finalidad evitar el exceso de temperatura. Si se considera que el calor es producido por la radiación infrarrojo cercano del espectro electromagnético o energía radiante del sol, una malla sombra ideal debería ser un filtro selectivo que detuviera esa radiación sin afectar la parte visible o útil para la fotosíntesis (Moreno, 2007).

De acuerdo a Gmia (2013), las ventajas de las mallas sombras son:

- a) Fácil de manejar.
- b) Generación de sombra uniforme.

- c) Elimina el estrés de la planta.
- d) Precisión de sombra desde 30% hasta 90%.
- e) Luminosidad adecuada a cada tipo de cultivo para una respuesta máxima.
- f) Reforzada y protegida contra los rayos UV.

Existen tres formas de colocar estas cubiertas y que son: flotante, microtúnel, y macrotúnel.

- a) Cubierta en forma flotante: son aquellas cubiertas que simplemente se colocan sobre el cultivo, sin necesidad de estructura alguna. En este caso es necesario utilizar materiales muy ligeros (Duarte, 2007).
- b) Cubiertas en forma de microtúnel: se refiere a las cubiertas que utilizan una estructura adicional de soporte para su colocación, que pueden ser arcos de alambre, hierro u otros materiales. Este tipo de sistema permite proteger al cultivo desde el momento del trasplante hasta los 35 días siguientes en el campo (Duarte, 2007).
- c) Cubiertas en forma de macrotunel: es una cubierta con tela de polipropileno de 6.5 m de ancho y no mayor a los 60 m de largo utilizándose para su construcción arcos de tubo galvanizado u otros materiales, los cuales van colocados cada 6 a 7 m a lo largo de los surcos sujetos o tensados con pita de nylon (Duarte, 2007).

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

Dentro de la agricultura de Guatemala, el tomate es un cultivo que ha tomado importancia económica, por las razones: alta demanda, aceptación en el mercado, genera fuentes de empleo y se cuenta con un clima potencial para la producción en el país. Los sistemas de producción de tomate que se practican en las diferentes zonas del país, consideran al suelo como un componente imprescindible, pero en los últimos años el factor clima toman mayor importancia.

Las alteraciones en los ecosistemas como la tala y quema de bosques, el incremento de vivienda, la implementación de cultivos en zonas boscosas y la contaminación está influyendo en los cambios climáticos, ante ello el valle de Salamá no está excluido de ello y está experimentando un cambio en las temperaturas que trae efectos negativos como la perdida floreal masiva, incremento de plagas y enfermedades en el cultivo de tomate, lo cual influye en los bajos rendimientos por unidad de área que se traduce en pérdidas económicas para los productores. Unido a lo anterior el mal manejo y las malas prácticas agrícolas, traen como consecuencia la progresiva degradación del cultivo, lo que ha repercutido que los rendimientos estén por debajo del potencial genético de los materiales utilizados.

Para contrarrestar los bajos rendimientos en el cultivo de tomate, los productores han recurrido a la utilización de tecnologías como el macro túnel que genera un micro ambiente semi controlado, con el que se ha logrado controlar el efecto negativo de las plagas y enfermedades del cultivo, no así el efecto de la perdida floral masiva.

Debido a lo anterior se plantea evaluar el efecto de tres diferentes materiales de sombra (Malla 50% Raschel, Malla 35% Monofilamento y Malla 50% Monofilamento) sobre temperatura, aborto floral, rendimiento y calidad de fruto en el cultivo de tomate en macro túnel, bajo las condiciones edafoclimaticas prevalecientes en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto del uso y porcentaje de mallas sombra sobre el aborto floral en tomate en condiciones de macrotúnel.

### **4.2 Objetivos específicos**

Determinar el efecto del uso de mallas sombra sobre la temperatura interna y la humedad relativa en el macrotúnel en la producción de tomate.

Determinar el efecto del uso de mallas sombra sobre el aborto floral en el cultivo de tomate bajo condiciones de macrotúnel.

Determinar el efecto de uso de mallas sombra sobre la calidad de los frutos de tomate, bajo condiciones de macrotúnel.

Determinar el efecto de uso de mallas sombra sobre el rendimiento de los frutos de tomate, bajo condiciones de macrotúnel.

Determinar el efecto de los tratamientos sobre los costos de producción y la rentabilidad del cultivo de tomate, bajo condiciones de macrotúnel.

## V. HIPÓTESIS

Al menos un tratamiento presentará diferencias significativas sobre la temperatura y la humedad relativa interna del macrotúnel en la producción de tomate.

Al menos un tratamiento presentara diferencias significativas sobre el aborto de flores en la producción de tomate, bajo condiciones de macrotúnel.

Al menos un tratamiento presentara diferencias significativas en la calidad de los frutos de tomate, bajo condiciones de macrotúnel, en la producción de tomate.

Al menos un tratamiento presentara diferencias significativas en el rendimiento del tomate, bajo condiciones de macrotúnel.

Existe por lo menos un tratamiento que incide positivamente sobre los costos de producción y la rentabilidad en el cultivo de tomate, bajo condiciones de macrotúnel.

## **VI. MATERIALES Y METODOS**

### **6.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO**

El área de estudio se localizó en el municipio de Salamá, del departamento de Baja Verapaz. A una distancia de 151 Km. de la ciudad capital, ubicada en la coordenada geográfica 15° 06' 12'' Latitud Norte y 90° 16' 00'' Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

Según Holdridge (1982), el municipio de Salamá se encuentra en la zona de vida Bosque Seco Subtropical y se encuentra representado por los símbolos de bs-S. En esta zona de vida las condiciones climáticas se caracterizan por días claros y soleados durante los meses en que no llueve y parcialmente nublados durante la época de las lluvias y los meses de enero a marzo. Las principales lluvias se presentan de abril a junio y en otros durante los meses de septiembre a octubre. Las precipitaciones oscilan en 980 mm,

La biotemperatura media anual para esta zona de vida está muy cerca de los 22.5 °C y corresponde a una temperatura media anual de alrededor de 26 °C. En las zonas situadas a mayor elevación, la temperatura media anual puede disminuir hasta los 23 °C. La evapotranspiración potencial para esta zona de vida es de 60% (Holdridge, 1982).

Según Simmons, Tárano y Pinto (1959), la mayoría de suelos del municipio de Salamá son montañosos, las tierras son denominadas karsticas, por mucha presencia de Peñascos y siguanes y pertenece a las Tierras Calizas Altas del Norte, y en su mayoría las pendientes sobrepasan el 50 %, por lo cual el 50 % del territorio, es considerado de vocación forestal y el 20 % es propicio para cultivos Hortícolas y el 30 % para cultivos agro-forestales. Los suelos son del tipo Sholanima, Chol, Marajuma y Chicaj.

## **6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL**

### **6.2.1 Tomate Variedad Retana F1**

Es un tomate con muy buena aceptación en el mercado guatemalteco. Híbrido Saladette determinado, arbustivo, fruto forma alargada y excelente firmeza, color rojo intenso y alta vida en anaquel, con un peso promedio de 80 a 150 g., gran flexibilidad de manejo y un buen comportamiento en calor y frío. Su producción empieza a los 80 a 100 días después del trasplante dependiendo de las condiciones climáticas, con una producción aproximada de 2570 a 3150 cajas por hectárea. Resistencia estándar a virus del mosaico del tomate, *Verticillium*, *Fusarium* spp. y nematodos, resistencia moderada a marchitez, *fusarium* de la corona (Vilmorin, 2010)

### **6.2.2 Malla 50% Raschel**

Color negro, fabricada con una cinta con un título de Deniers 540/630 equivalente a un ancho de 1.5 / 2 mm, su construcción de hilos es de: 3 x 8 por pulgada cuadrada, 1.2 x 3.1 por centímetro cuadrado. Absorbe los rayos ultravioleta base hals (UV-11), dando una durabilidad mínima de 3 años.

### **6.2.3 Malla 35% Monofilamento**

Color negro, fabricada con hilo con un título de Deniers 630 equivalente a un diámetro 30.5mm/100, su construcción de hilos es de: 9 x 11 por pulgada cuadrada, 3.5 x 4.3 por centímetro cuadrado. Absorbe los rayos ultravioleta base hals (UV-11), dando una durabilidad mínima de 5 años.

### **6.2.4 Malla 50% Monofilamento**

Color negro, fabricada con hilo con un título de Deniers 630 equivalente a un diámetro 30.5mm/100, su construcción de hilos es de: 20 x 20 por pulgada cuadrada, 8 x 8 por

centímetro cuadrado. Absorbe los rayos ultravioleta base hals (UV-11), dando una durabilidad mínima de 5 años.

### 6.3 FACTOR ESTUDIADO

El factor estudiado fueron los filtros solares siguientes: malla Raschel 50%, malla Monofilamento 50% y malla Monofilamento 35%.

### 6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos a evaluados se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Descripción del Tratamiento
1	Tomate con cobertura de sombra Malla 50% Raschel.
2	Tomate con cobertura de sombra Malla 35% Monofilamento.
3	Tomate con cobertura de sombra Malla 50% Monofilamento.
4	Tomate sin cobertura de sombra.

### 6.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

### 6.6 Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = u + t_i + E_{ij}$$

$$i = 1,2,3,\dots, t$$

$$j = 1,2,3,\dots, n$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del tratamiento i.

$\varepsilon_{ij}$  = Error aleatorio

## 6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

El experimento se realizó en un área de 729.6 m<sup>2</sup>. De los cuales se le asignó 45.6 m<sup>2</sup> a cada una de las parcelas, ya que los macrotúnel tiene una longitud de 12 m de largo y 3.80 m de ancho.

## 6.8 CROQUIS DE CAMPO

La distribución de los tratamientos en el campo se muestra en la figura 2.



Figura 2. Croquis de la parcela neta.

## **6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **6.9.1 Preparación del suelo**

La preparación del suelo consistió en arar la tierra un mes antes del trasplante, con el objetivo de remover todo el suelo y dejarlo expuesto al sol. Después se procedió a rastrear con dos pasos de rastra pulidora para mullir la capa superior del suelo. El marco de siembra empleado fue de 1.50 m entre surcos y 0.60 m entre plantas.

### **6.9.3 Colocación de manguera para riego**

La colocación de la manguera de riego se realizó en forma manual, se verificó el estado de los elevadores, conectores y luego de una prueba de riego, se identificó el estado de los goteros. Las mangueras se colocaron a un costado del surco, debido a que podía dañar al momento de realizar el ahoyado del mulch. Luego de la siembra, la manguera se colocó al centro de la cama para una mejor distribución de la humedad y nutrientes. Los goteros de riego se colocaron a una distancia de 0.20 m, con una descarga de 1.2 l/h.

### **6.9.4 Acolchado**

Las camas de siembra fueron cubiertas con mulch plata negro. Se necesitó de cuatro personas para la colocación de éste, dos de ellos sostuvieron y tensaron el rollo de mulch y las otras dos con azadones lo enterraron de 10 a 20 cm en las bases de la cama. Este se colocó con el propósito de hacer una buena desinfección del suelo, así como para mantener la humedad y evita el crecimiento de malezas.

### **6.9.5 Colocación del macrotúnel**

El macrotúnel tuvo un ancho de 3.8 m y una longitud de 50 m. Para la construcción se utilizaron arcos de tubo de proceso, que son de metal a una distancia entre cada uno de

5 m. Seguido de estos se colocó la malla antiáfidos 50 x 25 mesh. Los macrotúneles se construyeron perpendicularmente a la traslación del sol.

#### **6.9.6 Colocación de filtros de radiación solar**

La colocación de los filtros de radiación solar se realizó en la parte superior externa del macrotúnel, con un ancho de 1.5 m y 50 m de largo.

#### **6.9.7 Manejo del cultivo**

##### **a) Riego**

El primer riego se aplicó a los dos días antes del trasplante, con la finalidad de humedecer el suelo, para colocar posteriormente las plántulas de tomate, después del trasplante se realizaron riegos todos los días por un periodo de dos horas diarias.

##### **b) Trasplante**

El trasplante de pilones de tomate se realizó en horas de la tarde, aprovechando que el calor era menor y con ello se redujeron las pérdidas por transpiración de las plantas y se logró una rápida recuperación.

##### **c) Control de la temperatura y humedad relativa interna en el macrotúnel**

Las lecturas de temperatura y humedad relativa se realizaron a medio día durante un periodo de 56 días (fases de desarrollo vegetativo y floración), para lo cual se hizo uso de un termo higrómetro.

##### **d) Tutorado**

Los tutores se colocaron a 1.2 m entre cada uno. Se utilizó rafia de color negro colocada a 0.25 metros de altura del suelo. Este procedimiento se hizo a la misma distancia conforme el follaje de la planta se fue desarrollando.

**e) Fertilización**

En el programa de nutrición se usaron fertilizantes hidrosolubles y formulas especiales, y que cumplen con los requerimientos del cultivo. La frecuencia de riego se realizó de acuerdo a las inspecciones de campo.

**f) Control de malezas**

Esta actividad se realizó por medio de aplicaciones de herbicidas a base de paraquat y glufosinato. Las aplicaciones se hicieron cuando las malezas interfirieron con el cultivo en la disposición de luz, agua y nutrientes.

**g) Control de plagas y enfermedades**

Para determinar la presencia y control de plagas y enfermedades se realizaron muestreos diarios. Las aplicaciones de acaricidas, fungicidas y bactericidas, se definieron con base a las poblaciones existentes. También se evitó el uso de productos a base de metales como: cobre, clorothalonil, endosulfan y mancozeb, debido a que estos ocasionan daños en la cubierta de polipropileno.

**6.9.8 Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual y se cortaron únicamente los frutos que presentaron madurez fisiológica. El corte inició a los 80 días después del trasplante y duró 40 días. Se realizaron 4 cortes a intervalos de 10 días por cada corte.

**6.10 VARIABLES RESPUESTA**

**6.10.1 Parámetros ambientales**

**a) Humedad relativa**

Para la humedad relativa, se tomaron lecturas dentro del macrotunel, registrándose diariamente, efectuándose entre las 12:00 a 14:00 horas a través de un termo higrómetro.

## b) Temperatura

Para la temperatura, se tomaron lecturas dentro del macrotúnel, registrándose diariamente, efectuándose entre las 12:00 a 14:00 horas a través de un termo higrómetro.

### 6.10.2 Aborto floral

Para cuantificar el aborto floral, se hicieron conteos una vez por semana en el área de la parcela neta de cada tratamiento, desde el inicio de la floración hasta una semana después del inicio de la maduración de frutos.

### 6.10.3 Calidad de los frutos de tomate

#### a) Sólidos solubles (<sup>0</sup>Brix)

Para obtener los sólidos solubles totales (grados brix) se utilizó el refractómetro PCE 4582, para lo cual se extrajo y se depositó de tres a cuatro gotas de jugo de tomate sobre la parte cristalina del refractómetro y se dirigió a una fuente de luz, ajustando el ocular proporcionalmente el valor de grados brix. El tamaño de la muestra fue de 10 tomates seleccionados al azar, en cada uno de los cortes, para cada una de las repeticiones por tratamiento. Al finalizar la cosecha se promediaron todos los resultados por repetición y tratamiento (Figura 3).



Figura 3. Refractómetro PCE 4582 (PCE Instruments, 2015).

### **b) Firmeza del fruto (kg/cm<sup>2</sup>)**

Para determinar la firmeza de los frutos de tomate se utilizó un penetrómetro Shore A Modelo 5023-2, cuya principal característica principal es de realizar mediciones en los frutos de tomate sin dañarlo. La punta del penetrómetro seleccionada para realizar las medidas fue 0.25 cm<sup>2</sup> por ser la más adecuada para realizar este tipo de análisis en tomate. La escala de graduación del penetrómetro va de 0 a 100 Shore, dividida en 100 unidades. El tamaño de la muestra fue de 10 tomates seleccionados al azar, en cada uno de los cortes, para cada una de las repeticiones por tratamiento. Al finalizar la cosecha se promediaron todos los resultados por repetición y tratamiento.



Figura 4. Penetrómetro Shore A Modelo 5023-2.

### **c) Tamaño de los frutos (mm/fruto)**

Para determinar el tamaño de los frutos de tomate se utilizó una regla plástica graduada de 30 cm, se tomaron 10 frutos al azar por parcela. Cada fruto se midió y se clasificó de la siguiente manera: frutos pequeños (de menores de 40 mm); frutos medianos (entre 40 a 80 mm) y frutos grandes (mayores de 80 mm). Luego se promediaron porcentualmente cada categoría.

**d) Peso promedio del fruto (g/fruto)**

Se recolectaron los frutos de la parcela neta de cada repetición por tratamiento y se clasificaron por su tamaño. Luego se obtuvo el peso promedio por tamaño con una balanza electrónica.

**6.10.4 Rendimiento**

**a) Rendimiento total (kg/ha)**

Consistió en determinar el peso total de frutos de tomate de la parcela neta en cada uno de los cortes, los cuales se transformaron en kg/ha/tratamiento/repetición. Para esta actividad se empleó una balanza electrónica.

**b) Rendimiento comercial (kg/ha)**

Consistió en determinar el total de frutos que llenaban los estándares de calidad demandados por el mercado nacional. Para realizar esta actividad se utilizó una balanza electrónica.

**6.10.5 Rentabilidad**

Para la estimación de la rentabilidad se llevaron registros económicos (costos de producción del tomate) para cada uno de los tratamientos a evaluados. Determinado el ingreso bruto (venta de la producción) se restó el costo de producción total de cada tratamiento y se obtuvo el ingreso neto. Luego se dividió el ingreso neto entre costo de producción total y se multiplicó por 100 y se obtuvo la rentabilidad.

**6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

**6.11.1 Análisis estadístico**

Para el análisis de las variables respuesta (calidad, rendimiento y temperatura de la planta) se utilizó un análisis de varianza (ANDEVA), con un nivel de confianza de 0.95

y para aquellos resultados que manifestaron diferencias estadísticamente significativas, se empleó la prueba de medias de Tukey (0.95 de confianza).

### **6.11.2 Análisis de rentabilidad**

Para el desarrollo del análisis económico de la producción de tomate, se utilizó la metodología de rentabilidad de la inversión.

La fórmula para determinar la rentabilidad de la producción de tomate fue la siguiente:

$$\text{Rentabilidad} = (\text{Ingreso neto} / \text{Costo de producción}) \times 100$$

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 PARÁMETROS CLIMÁTICOS DENTRO DEL MACROTÚNEL

#### 7.1.1 Humedad relativa dentro de macrotunel

De acuerdo con Abcagro (2000), considera que el óptimo de humedad relativa para el cultivo de tomate se encuentra en el rango de 60 a 80% bajo condiciones de campo abierto y que el cultivo es muy sensible a las condiciones de alta o baja humedad y de temperatura, lo que provoca la proliferación de las enfermedades fungosas, que a su vez redundan en la calidad y cantidad de frutos de tomate. Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que bajo condiciones de cobertura (macrotúnel) la humedad relativa fue mayor que cuando se cultivó el tomate bajo condiciones campo abierto (cultivo sin cobertura de sombra). El tratamiento con mayor humedad relativa fue cuando se empleó la malla Raschel con un 50%, seguido de la malla Monofilamentosa con 50% y de 35% respectivamente (Figura 5).

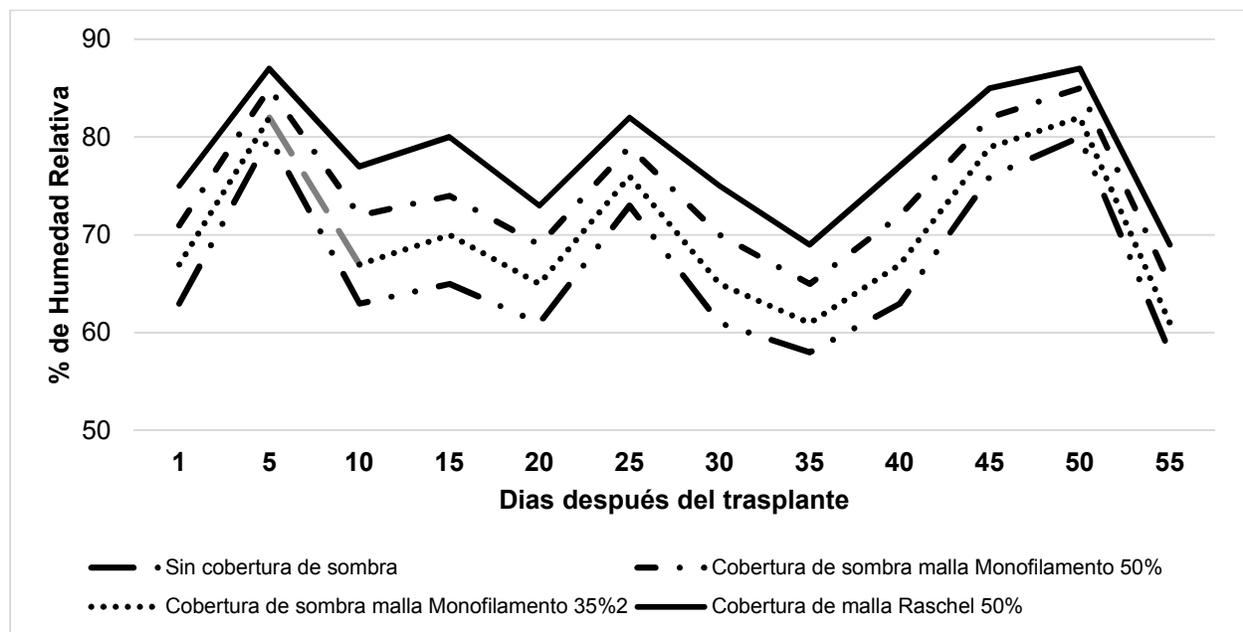


Figura 5. Humedad relativa en los tratamientos con coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

La humedad relativa del tratamiento sin cobertura (sin macrotúnel) fue de 68% en un ciclo de 56 días después del trasplante y fue la más baja de los tratamientos evaluados y esto se debió a que estuvo expuesto a los vientos y la radiación solar durante las fases de desarrollo vegetativo y de floración lo que provocó un mayor secado de la humedad del suelo. En lo referente al tratamiento donde se empleó la malla Raschel al 50%, el promedio de humedad relativa fue de 79% y se encontró dentro del rango establecido para este cultivo, fue además mayor que todos los tratamientos evaluados. Esto se debió a que la malla disminuye la fuerza del viento hasta en un 45% y por lo tanto, permite mejorar el microclima, la actividad fotosintética y el balance hídrico del cultivo del tomate.

Los datos de humedad relativa fueron tomados durante un ciclo de 56 días después del trasplante, al medio día y se encuentran en el anexo 1.

### **7.1.2 Temperatura media dentro del macrotúnel**

La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo de tomate según Abcagro (2000), se encuentra en el rango de 20 a 35 °C y para el presente estudio estas se encontraron en el rango de promedio de 30.6 a 34.0 °C para el periodo de 56 días. Siendo la temperatura promedio en el tratamiento sin cobertura (testigo) de 31.0 °C y para el tratamiento con cobertura de malla Raschel de 34.0 °C, los tratamientos con malla Monofilamento de 50% y 35% de 32.3 y 30.6 °C respectivamente. En el tratamiento de cobertura de malla Raschel 50% generó una temperatura de 3.0 °C mayor a la temperatura ambiente (Figura 6), esto debido a que mantuvo una alta tasa de humedad y de retención del viento. En lo referente a los tratamientos sin cobertura y con cobertura de Monofilamento al 35%, las temperaturas fueron similares, lo que denota para el tratamiento con cobertura una baja retención de los vientos y una mayor ventilación que redundó en una reducción de la temperatura.

Como se puede observar en las figuras 3 y 4, existe una relación inversa de la temperatura con la humedad relativa por lo que a elevadas temperaturas, aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la humedad relativa. Con

temperaturas bajas, el contenido en de la humedad aumenta. Cuando La humedad es alta como el caso del tratamiento donde se empleó la cobertura de monofilamento 35%, las plantas reducen la transpiración y disminuyen el crecimiento, se producen abortos florales en un 22% por apelmazamiento del polen. Por el contrario, en el tratamiento donde se empleó la cobertura Raschel 50%, si la humedad relativa es baja, las plantas de tomate traspiran en exceso, pudiéndose deshidratar y no cuajar bien los frutos.

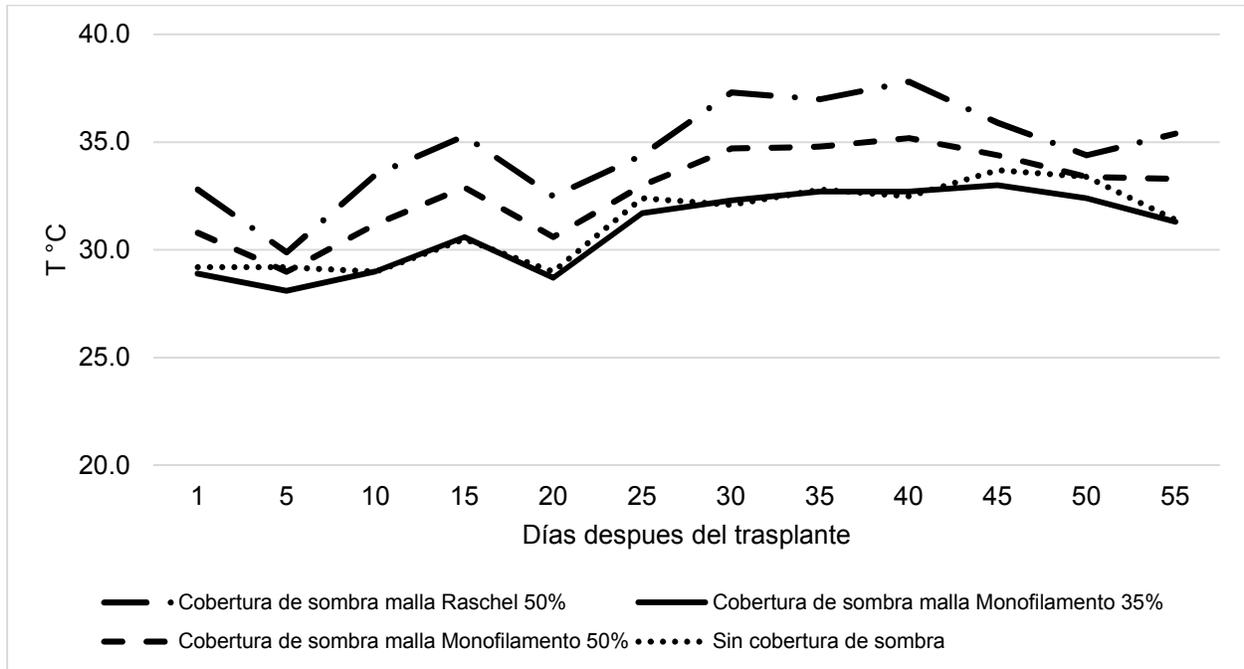


Figura 6. Temperatura en los tratamientos con coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

## 7.2 PORCENTAJE DE ABORTO FLORAL Y DE CUAJE DE FRUTOS

En el cuadro 4 se observan los resultados del análisis de varianza para la variable porcentaje de aborto floral en el cultivo de tomate. Los resultados muestran diferencias significativas en los tratamientos evaluados. Lo anterior indica que por lo menos existe un tratamiento que es mejor que los demás. Los datos se consideran confiables debido a que el coeficiente de variación fue de 17.20%.

Cuadro 4. Análisis de varianza para el porcentaje de aborto floral en el cultivo de tomate de los tratamientos evaluados, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

FV	G.L.	S.C.	C.M.	F	P>F
Tratamientos	3	1,074.68	358.23	29.60	0.000
Error	12	145.24	12.10		
Total	15	1,219.91			
C.V. (%)	17.20				

(Autor, 2014).

Según al análisis de medias de Tukey para la variable aborto floral del cultivo de tomate, se determinó que el mejor tratamiento fue cuando se utilizó cobertura de sombra de malla Raschel 50% presentó la menor tasa de aborto floral, con 10.9% y el tratamiento con mayor porcentaje de aborto floral fue el tratamiento donde no se utilizó ningún tipo de cobertura de sombra (testigo), con 32.7% (Figura 7).

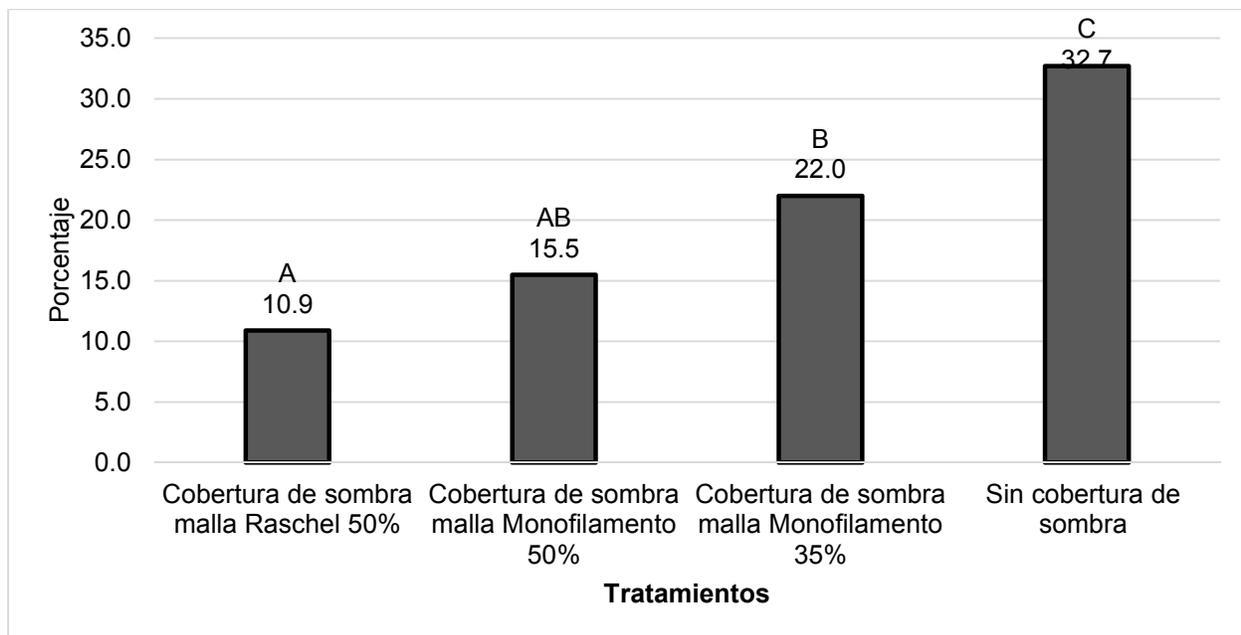


Figura 7. Análisis de medias de Tukey para el porcentaje de aborto floral en el cultivo de tomate en los tratamientos con coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

En el cuadro 5 se observan los resultados del análisis de varianza para la variable porcentaje de cuaje de frutos de tomate. Los resultados muestran diferencias significativas en los tratamientos evaluados. Lo anterior indica que por lo menos existe

un tratamiento que es mejor que los demás. Los datos se consideran confiables debido a que el coeficiente de variación fue de 4.33%.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable cuaje de frutos de tomate en los tratamientos evaluados, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

FV	G.L.	S.C.	C.M.	F	P>F
Tratamientos	3	1,074.66	358.22	29.59	0.000
Error	12	145.25	12.10		
Total	15	1,219.91			
C.V. (%)	4.33				

(Autor, 2014).

Según al análisis de medias de Tukey para la variable cuaje de frutos de tomate, se determinó que el mejor tratamiento fue cuando se utilizó cobertura de sombra de malla Raschel 50%, con un valor de 89.10%. En el caso del tratamiento testigo el valor de cuajado fue de 67.30% (Figura 8).

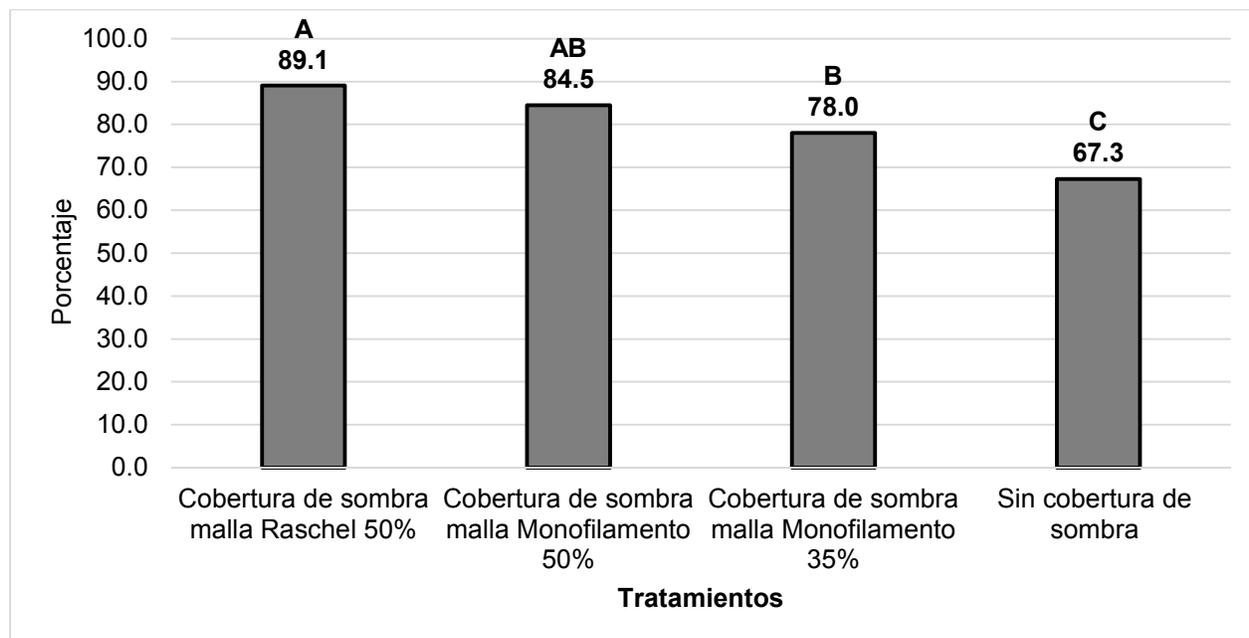


Figura 8. Análisis de medias de Tukey para el porcentaje de cuaje de frutos en el cultivo de tomate en los tratamientos con coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

Para reducir el aborto floral y aumentar el cuaje de frutos en el cultivo de tomate requiere de condiciones de temperaturas y humedad óptima que va de 20 a 35 °C y de entre 60

a 80% respectivamente. Las bajas temperaturas, especialmente asociados a humedad relativa altas, conducen a la caída de las flores, como el caso del tratamiento testigo que presentó una temperatura de 31 °C y una humedad relativa de 79%.

### 7.3 CALIDAD DE LOS FRUTOS DE TOMATE

#### 7.3.1 Firmeza de los frutos de tomate

La firmeza es un parámetro indicativo de la calidad del tomate y está relacionada con el nivel de madurez y puede estar influenciada por la variedad del producto y la región y condiciones de cultivo. De acuerdo a los resultados del análisis de varianza para la variable firmeza de los frutos de tomate empleando diferentes tipos de cobertura de sombra para la producción de frutos de tomate, se determinó que existe significancia para los tratamientos evaluados. Los datos se consideran confiables, debido a que el estudio presentó un coeficiente de variación de 9.9% (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable firmeza de los frutos de tomate en los tratamientos evaluados, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

<b>FV</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
Tratamientos	3	7.50	2.50	4.62	0.023
Error	12	6.50	0.54		
Total	15	14.00			
C.V. (%)	12.27				

(Autor, 2014).

Según al análisis de medias de Tukey para la variable firmeza de los frutos de tomate, se determinó que los mejores tratamientos fueron cuando se utilizó cobertura de sombra de malla Raschel 50% y Monofilamento 50%, con valores de 6.74 y 6.55 kg/cm<sup>2</sup>. En el caso del tratamiento testigo el valor de firmeza fue de 5.02 kg/cm<sup>2</sup>. El ablandamiento de la pulpa (reducción de la firmeza) de tomate plantea problemas al momento de comercializar la producción, además de producir una pérdida de calidad por sobre maduración aumenta la sensibilidad de los frutos a los daños mecánicos y al ataque de enfermedades fungosas (Figura 9).

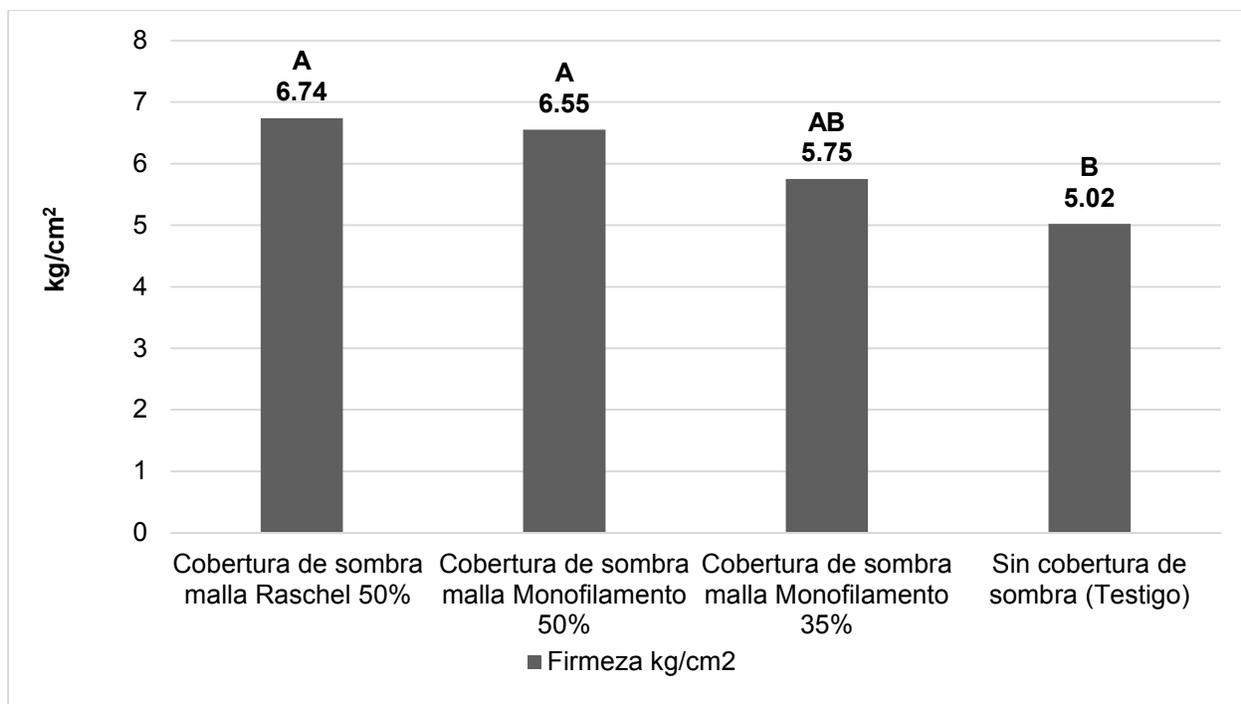


Figura 9. Análisis de la media de Tukey para la firmeza de los frutos de tomate en los tratamientos con coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

La producción de tomate en macrotúneles con malla anti insecto en la parte alta del valle de Salamá, el diseño debe considerar un equilibrio entre una buena ventilación y la protección del cultivo dependiendo del enfriamiento deseado y la susceptibilidad del cultivo a los insectos. Las temperaturas medias presentes se encuentran entre 21 a 27 °C y humedad relativa en torno al 60% son óptimas para el cultivo de tomate. Un exceso de temperaturas induce al cierre de estomas y reduce la transpiración y fotosíntesis, en consecuencia, se reduce la tasa de transporte del xilema y la producción de biomasa (Adams y Ho, 1993) que puede implicar una reducción de la producción o calidad del fruto.

### 7.3.2 Sólidos solubles totales (grados brix) en tomate

En la figura 10 se presenta el contenido de sólidos solubles en grados brix en los frutos de tomate según el tratamiento evaluado. Como se puede observar el rango obtenido de grados brix fue de 5.32 a 6.58%. El tratamiento con mayor valor de grados brix fue cuando se utilizó la cobertura de sombra malla Monofilamento 50% y el tratamiento con

menor valor, fue el tratamiento sin cobertura (testigo). Los frutos de tomate producidos bajo condiciones de macrotunel y en campo abierto se encontraron dentro del rango de grados brix del cultivo que es de 5 a 7.5%.

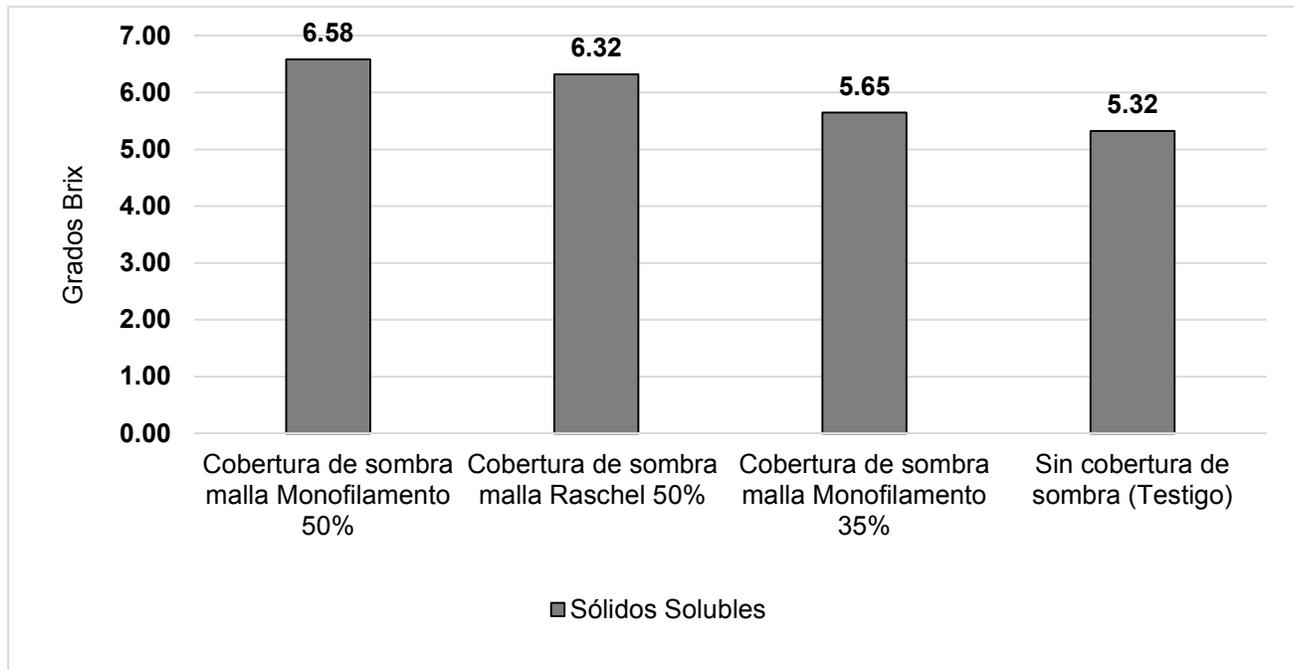


Figura 10. Grados brix en los frutos de tomate según los tratamientos con cobertura de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

Los resultados del análisis de varianza para los sólidos solubles totales en frutos de tomate utilizando tres coberturas de sombra de malla, indican que no existe significancia para los tratamientos evaluados. Los datos se consideran confiables, debido a que el estudio presentó un coeficiente de variación de 8.88% (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de varianza para los sólidos solubles totales de los frutos de tomate utilizando tres coberturas de sombra de malla, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

FV	G.L.	S.C.	C.M.	F.	P>F
Tratamientos	3	0.1575	0.0525	1.12	0.379
Error	12	0.5608	0.0467		
Total	15	0.7183			
C.V. (%)	8.88				

(Autor, 2014).

### 7.3.3 Tamaño del fruto de tomate

En la figura 11 se pueden observar los porcentajes de los diferentes tamaño de fruto de tomate obtenidos por cada uno de los tratamientos evaluados. Como se puede observar el tratamiento con mayor cantidad de frutos mayores de 80 mm (frutos grandes) fue cuando se utilizó cobertura de sombra con malla Raschel 50%, con un 65% del rendimiento; el tratamiento con mayor cantidad de frutos en el rango de 40 a 80 mm (frutos medianos) fue cuando no se utilizó ningún tipo de cobertura (testigo) con 32% del rendimiento; el tratamiento con mayor cantidad de frutos de tamaño menores de 40 mm fue cuando se utilizaron las coberturas de sombra de malla Monofilamento de 35 y 50%, con 21%, para cada uno de los tratamientos. Los tratamientos donde se utilizaron coberturas de sombra presentaron porcentajes de tamaño de fruto grande mayores al tratamiento testigo, lo cual pudo deberse, por una parte, al probable efecto ejercido por los macrotúneles en las fases de vegetación y floración que favoreció el proceso de fructificación y maduración de los frutos de tomate.

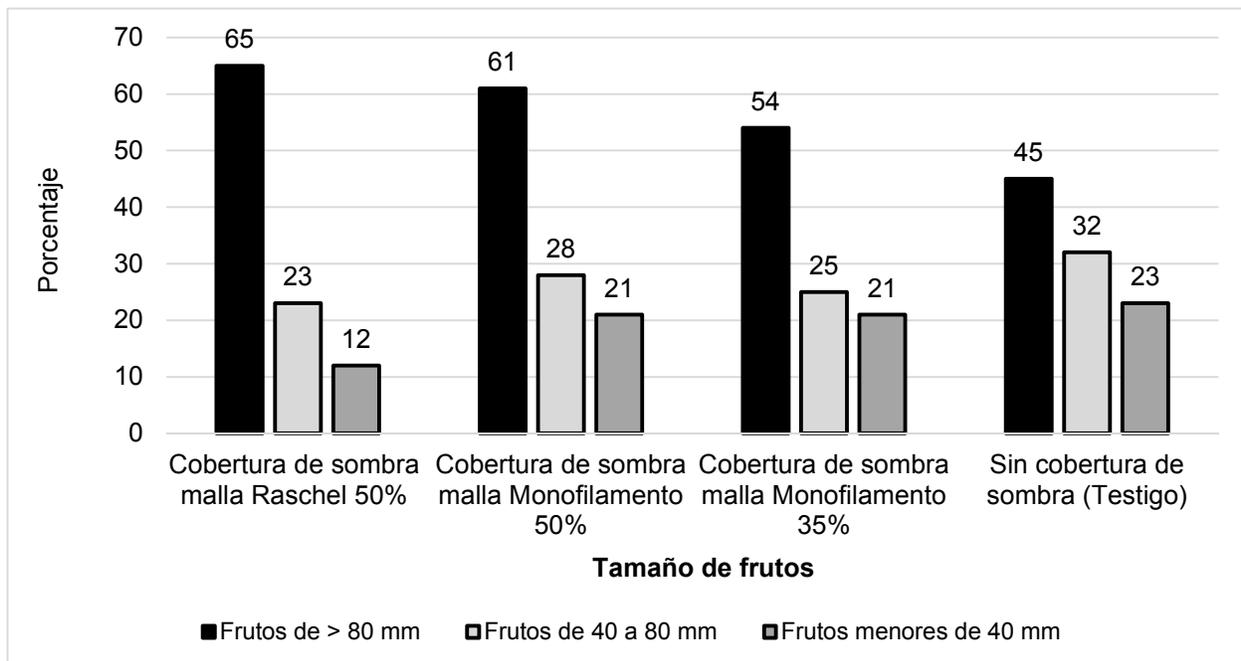


Figura 11. Porcentaje de frutos de tomate por tamaño según los tratamientos de cobertura de sombra evaluados, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

### 7.3.4 Peso promedio del fruto de tomate de acuerdo al tamaño

Para el peso promedio de frutos grandes (> 80 g/fruto), medianos (entre 50 a 80 g/fruto) y pequeños (< de 50 g/fruto) de tomate según análisis estadístico, se determinó que el tratamiento donde se utilizó cobertura de sombra malla Raschel 50% presentó los mejores pesos, con valor de 113 g/fruto para los frutos grandes, 75 g/fruto para los frutos medianos y 49 g/fruto para los frutos pequeños. En lo referente al tratamiento sin ningún tipo de cobertura (testigo) presentó los pesos promedios más bajos de frutos de tomate. En general, los tratamientos presentaron frutos con características fenotípicas intrínsecas de variedad de tomate cultivada (Figura 12).

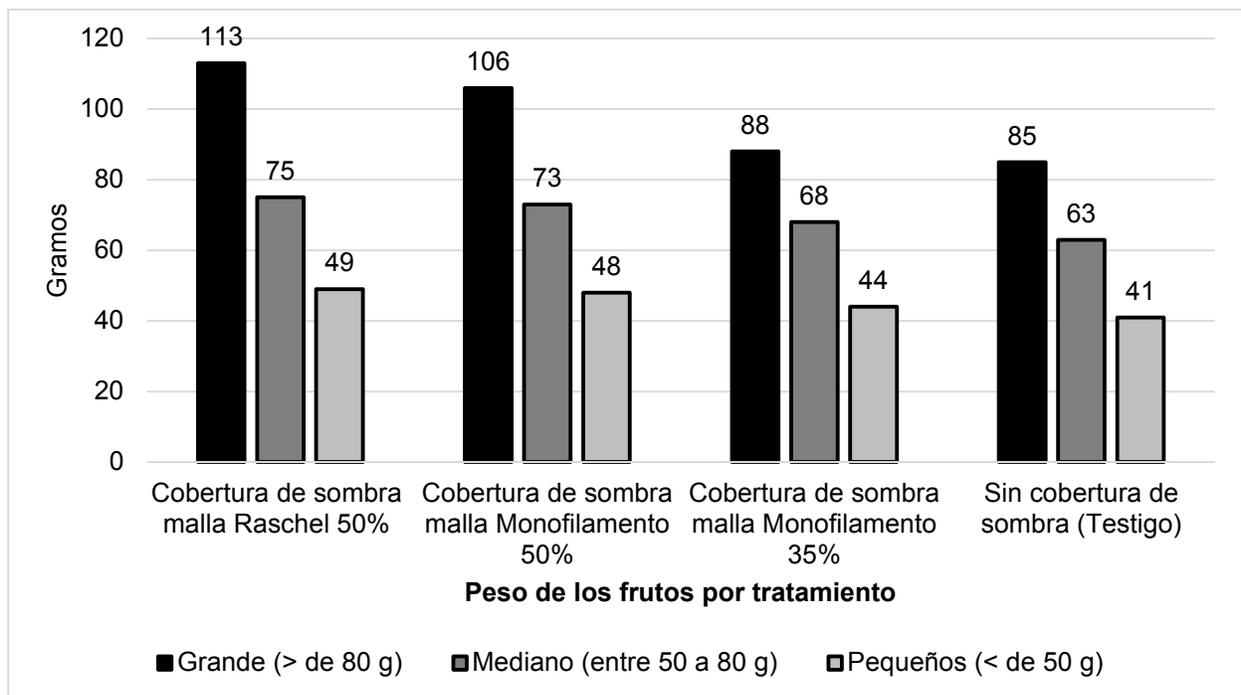


Figura 12. Peso de los frutos de tomate por tamaño según los tratamientos de cobertura de sombra evaluados, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

## 7.4 RENDIMIENTO DE TOMATE

### 7.4.1 Rendimiento total de tomate

El rendimiento total de frutos tomates en macrotúneles se determinó en base a la cobertura de la sombra y el tipo de malla evaluada. Como se puede observar en la figura

13, la mejor malla para la producción de tomate fue la malla Raschel 50%, con este material se obtuvo el mayor rendimiento promedio (42,755 kg/ha), así como una humedad y temperatura promedio (74% y 31.0 °C) apropiada para el cultivo. También se puede observar que el tratamiento sin cobertura de sombra (testigo) presentó el menor rendimiento de frutos de tomate (30,955 kg/ha) debido a los factores ambientales y manejo del cultivo. El aumento de la productividad para cada material evaluado comparado con el tratamiento testigo fue: de 11,800 kg/ha para la malla Raschel 50%, 4,322.50 kg/ha para la malla Monofilamento 50% y de 3,887.50 kg/ha para la malla Monofilamento 35%. Diferencias que pueden aumentar al seleccionar los rendimientos comerciales de cada uno de los tratamientos.

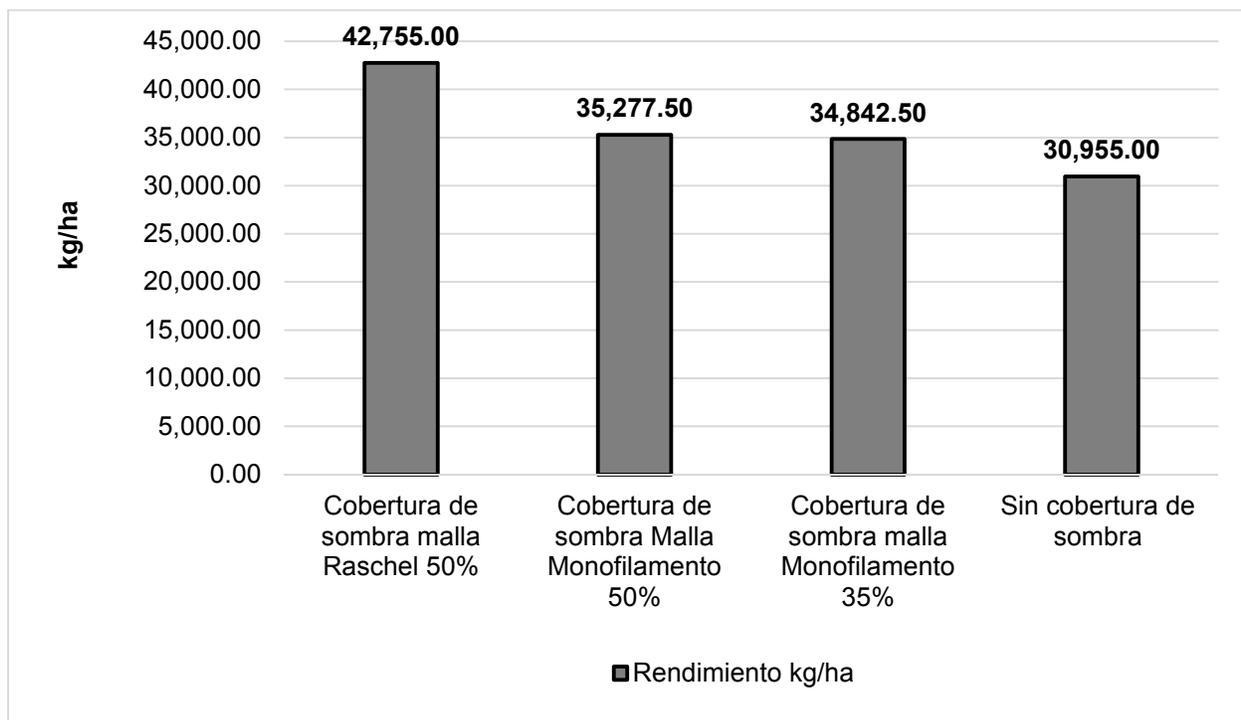


Figura 13. Rendimiento total de frutos de tomate según los tratamientos de cobertura de sombra evaluados, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

En el cuadro 8 se observan los resultados del análisis de varianza para la variable rendimiento total de frutos de tomate. Los resultados muestran diferencias significativas en los tratamientos evaluados. Lo anterior indica que por lo menos existe un tratamiento que es mejor que los demás. Los datos se consideran confiables debido a que el coeficiente de variación fue de 8.09%.

Según el análisis de medias de Tukey para la variable rendimiento total del fruto de tomate (Cuadro 9), los resultados muestran que el mejor tratamiento fue donde se utilizó cobertura de sombra malla Raschel 50%, con un rendimiento de 42,755.00 kg/ha. El tratamiento testigo presentó un rendimiento de 30,955.00 kg/ha, con una diferencia de 11,800 kg/ha con relación al mejor tratamiento. Por lo tanto, los rendimientos de tomate en macrotúneles dependerán de los materiales que se emplean y de la interacción entre el ambiente, el manejo del cultivo y el material, entre otros factores.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el rendimiento total de frutos de tomate utilizando tres coberturas de sombra de malla, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

<b>FV</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F.</b>	<b>P&gt;F</b>
Tratamientos	3	291,745,792.00	97,248,597.33	11.50	0.001
Error	12	101,515,264.00	8,459,605.33		
Total	15	393,261,056.00			
C.V. (%)	8.09				

(Autor, 2014).

Cuadro 9. Análisis de medias de Tukey para el rendimiento total de frutos de tomate, con relación a la evaluación de tres coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

<b>Tratamientos</b>	<b>Rendimiento total promedio de frutos de tomate (kg/ha)</b>	<b>SIGNIFICANCIA Valor de Tukey = 6,107.93</b>
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	42,755.00	A
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	35,277.50	B
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	34,842.50	B
Sin cobertura de sombra	30,955.00	B

(Autor, 2014).

#### 7.4.2 Rendimiento comercial del tomate

Con respecto a los rendimientos comerciales obtenidos en el presente estudio, cabe resaltar los altos rendimientos alcanzados, especialmente en los tratamientos donde se utilizaron coberturas de sombra de malla. En el cuadro 10 se observan los resultados del análisis de varianza para la variable rendimiento comercial de frutos de tomate. Los resultados muestran diferencias significativas en los tratamientos evaluados. Lo anterior

indica que por lo menos existe un tratamiento que es mejor que los demás. Los datos se consideran confiables debido a que el coeficiente de variación fue de 8.51%.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el rendimiento total de frutos de tomate utilizando tres coberturas de sombra de malla, en valle de Salamá, Baja Verapaz.

FV	G.L.	S.C.	C.M.	F.	P>F
Tratamientos	3	410,097,664.00	136,699,221.33	17.08	0.007
Error	12	96,026,624.00	8,002,218.67		
Total	15	414,054,400.00			
C.V. (%)	8.51				

(Autor, 2014).

Según el análisis de medias de Tukey para la variable rendimiento comercial del fruto de tomate (Figura 14), los resultados muestra que el mejor tratamiento fue donde se utilizó cobertura de sombra malla Raschel 50%, con un rendimiento de 40,820.00 kg/ha. El tratamiento testigo presentó un rendimiento de 26,960.00 kg/ha, con una diferencia de 13,860.00 kg/ha con relación al mejor tratamiento. Los mejores en rendimientos se debieron al efecto de las mallas utilizadas, especialmente en la etapa vegetativa y de floración, donde los niveles de humedad y temperatura causan efectos negativos en la formación de los botones florales y la fecundación de la flor del cultivo de tomate.

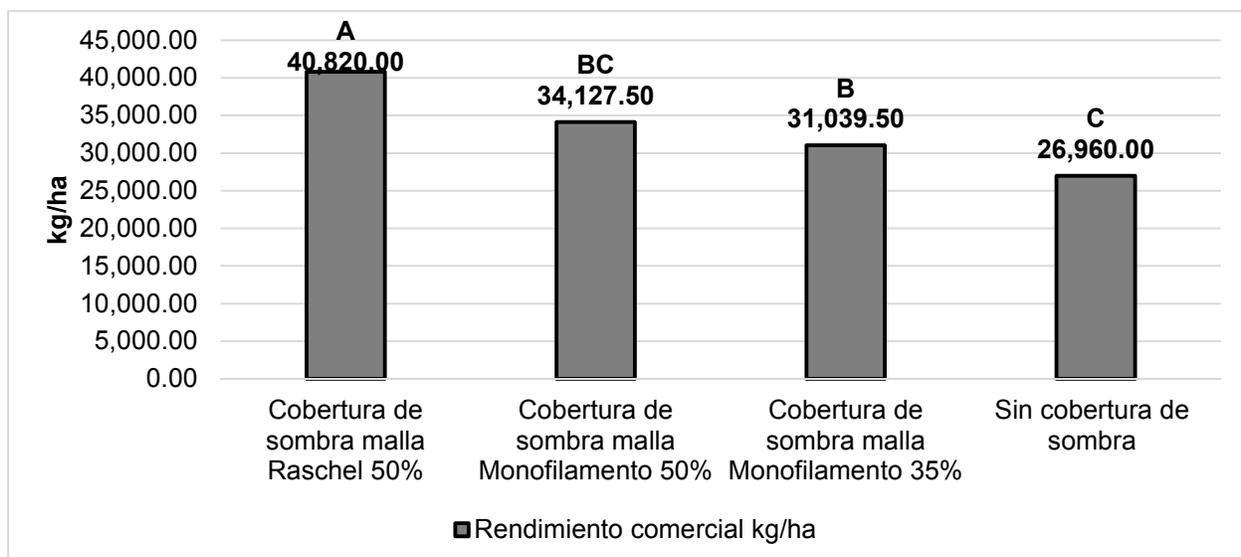


Figura 14. Análisis de medias de Tukey para el rendimiento comercial de frutos de tomate según los tratamientos de cobertura de sombra evaluados, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

Además los tratamientos con cobertura de sombra de diferentes mallas presentaron menor cantidad de frutos enfermos causados por enfermedades y plagas, así como de manchas provocados por el sol, lo que incremento los rendimientos comerciales en relación al testigo. Por lo tanto, los rendimientos de tomate en macrotúneles dependerán de los materiales que se emplean y de la interacción entre el ambiente, el manejo del cultivo y el material, entre otros factores.

## **7.5 ANÁLISIS ECONÓMICO EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE**

El tratamiento con el menor costo total de producción fue el tratamiento donde no se utilizaron cobertura de sombra (testigo), con un costo total de Q. 74,071.00 por hectárea y el tratamiento con mayor costo total producción se presentó cuando se utilizó cobertura de sombra de malla Raschel 50%, con un costo total de Q. 91,071.00. Como se puede observar, el único costo que vario fue la compra de malla sombra evaluada y fue lo que aumento el costo total de la producción de tomate (Cuadro 11).

El tratamiento con mayor ingreso bruto fue cuando se utilizó cobertura de sombra malla Raschel 50%, con Q. 139,910.55 y la de menor ingreso bruto fue cuando no se utilizó ningún tipo de cobertura de sombra malla, con Q. 86,716.84 (Cuadro 12).

En el cuadro 13, se observa la rentabilidad de cada uno de los tratamientos evaluados en la producción de frutos de tomate, siendo el más rentable el tratamiento donde se utilizó cobertura de sombra malla Raschel 50%, con una rentabilidad de 53.63%. El tratamiento con menor rentabilidad fue cuando no se utilizó ningún tipo de cobertura, con una rentabilidad de 17.07%.

Como resumen del estudio (Cuadro 14), se puede destacar que al aumentar la temperatura disminuye la humedad relativa dentro del macrotúnel, lo que reduce el aborto floral y aumenta el rendimiento de frutos de tomates y se obtiene una mayor rentabilidad. Además incide en la reducción de las enfermedades fungosas, como se puede observar en el tratamiento donde se utilizó cobertura de sombra malla Raschel

Cuadro 11. Costos de producción de los tratamientos evaluados con relación a la evaluación de tres coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

Tratamiento	Arrendamiento y preparación del terreno Q	Arrendamiento de Macrotunel Q	*Malla sombra de cubierta Q	Fertilizantes e insumos fitosanitarios Q	Sistema de irrigación y agua Q	Mano de obra Q	Varios Q.	Cosecha Q.	Costo Total Q.
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	2,002.00	15,015.00	20,000.00	20,020.00	4,004.00	20,020.00	5,005.00	5,005.00	91,071.00
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	2,002.00	15,015.00	18,333.33	20,020.00	4,004.00	20,020.00	5,005.00	5,005.00	89,404.33
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	2,002.00	15,015.00	16,666.67	20,020.00	4,004.00	20,020.00	5,005.00	5,005.00	87,737.67
Sin cobertura de sombra	2,002.00	15,015.00	0.00	23,020.00	4,004.00	20,020.00	5,005.00	5,005.00	74,071.00

\*Los costos que variaron en cada tratamiento fue las mallas para sombra de cobertura. Los precios de las mallas fueron de Q. 12.00/m<sup>2</sup> para la malla Raschel 50%; Q. 11.00/m<sup>2</sup> para la malla Monofilamento 50%; y Q. 10.00/m<sup>2</sup> para la malla Monofilamento 35%.

(Autor, 2014).

Cuadro 12. Ingreso bruto de los tratamientos y por calidad del fruto de tomate.

Tratamiento	Rendimiento por calidad Kg/ha	Precio unitario de tomate Q./kg	Ingreso bruto y por calidad (Q.)
Cobertura de sombra malla Raschel 50%			<b>139,910.55</b>
Primera calidad	36,615.54	3.50	128,154.39
Segunda calidad	2,490.02	3.00	7,470.06
Tercera calidad	1,714.44	2.50	4,286.10
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%			<b>113,192.39</b>
Primera calidad	23,718.61	3.50	83,015.14
Segunda calidad	8,310.05	3.00	24,930.14
Tercera calidad	2,098.84	2.50	5,247.10
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%			<b>104,028.88</b>
Primera calidad	23,962.49	3.50	83,868.73
Segunda calidad	4,935.28	3.00	14,805.84
Tercera calidad	2,141.73	2.50	5,354.31
Sin cobertura de sombra			<b>86,716.84</b>
Primera calidad	15,960.32	3.50	55,861.12
Segunda calidad	6,713.04	3.00	20,139.12
Tercera calidad	4,286.64	2.50	10,716.60

(Autor, 2014).

Cuadro 13. Rentabilidad de la producción de tomate, con relación a la evaluación de tres coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

Tratamiento	Ingreso bruto Q.	Costo total Q.	Ingreso neto Q.	Rentabilidad %
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	<b>139,910.55</b>	91,071.00	48,839.55	53.63
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	<b>113,192.39</b>	89,404.33	23,788.06	26.61
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	<b>104,028.88</b>	87,737.67	16,291.21	18.57
Sin cobertura de sombra	<b>86,716.84</b>	71,071.00	12,645.84	17.07

(Autor, 2014).

50%. Por el contrario, la producción de tomate en campo abierto (sin cobertura de sombra), el cultivo es afectado por las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, vientos e insolación), condiciones que el productor no puede controlar pero para reducir sus efectos realiza actividades agrícolas (incrementa el número de riego, aplica mayor cantidad de fungicidas, etc.) que incrementa los costos y reduce la rentabilidad, como el caso del tratamiento sin cobertura (testigo) evaluado donde la rentabilidad fue de 17.07% y donde la temperatura presentó un valor promedio de 31.27 °C, la humedad

78%, el aborto floral fue de 32.68% y el rendimiento decayó hasta 26,960.00 kg/ha. Por lo anteriormente expuesto, se recomienda realizar estudios similares para otras variedades de tomate que se exploten en el área de estudio.

Cuadro 14. Resumen de las condiciones de producción de frutos de tomate de la variedad Retana F1, con relación a la evaluación de tres coberturas de sombra, en el valle de Salamá, Baja Verapaz.

<b>Tratamiento</b>	<b>Temperatura promedio (°C)</b>	<b>H.R. promedio (%)</b>	<b>Aborto Floral (%)</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	<b>Rentabilidad (%)</b>
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	34.63	67	10.85	40,820.00	53.63
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	30.95	74	21.95	34,127.50	26.61
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	32.78	70	15.45	31,039.50	18.57
Sin cobertura de sombra	31.27	78	32.68	26,960.00	17.07

(Autor, 2014).

## VIII. CONCLUSIONES

Las mallas evaluadas aumentaron la temperatura del ambiente y redujeron la humedad relativa al interior del macrotúnel con relación a la temperatura exterior, lo que redujo el aborto floral y aumento el cuaje de los frutos de tomate. El mejor tratamiento para estos factores climáticos fue cuando se utilizó la cobertura de sombra malla Raschel 50%, que incremento la temperatura en aproximadamente en tres grados centígrados y reduce la humedad relativa en aproximadamente en 10%.

El uso de la cobertura de sombra malla Raschel 50% comparado con tratamiento testigo (sin cobertura de sombra), presentó un incremento de 34% en la firmeza, 24% en °brix, 44% en el tamaño y un 41% en el peso de frutos de tomate.

Los resultados mostraron que donde se utilizó la cobertura de sombra malla Raschel 50%, se logró obtener el mejor rendimiento total y comercial de frutos de tomate, con 42,755.00 y 40,820.00 kg/ha, un 32% mayor que el tratamiento testigo (sin cobertura de sombra).

La mejor viabilidad financiera y económica de los tratamientos evaluados se presentó cuando se utilizó la malla Raschel 50%, con una rentabilidad de 53.63% que equivale a Q. 48,839.55 de ingreso neto, con un rendimiento de 40,820.00 kg/ha (producto del rendimiento de 36,615.64 kg/ha de frutos de primera calidad, 2,490.02 kg/ha de frutos de segunda calidad y 1,714.44 kg/ha de frutos de tercera calidad).

## **IX. RECOMENDACIONES**

Técnica y financieramente para mejorar la calidad (firmeza, sólidos solubles, tamaño y peso del fruto de tomate) y rendimiento de tomate variedad Retana F1, bajo condiciones de macrotúnel en el valle de Salamá, Baja Verapaz, se deben utilizar la cobertura malla Raschel 50%.

Se recomienda convalidar los resultados del presente estudio, en otras zonas productoras de tomate bajo condiciones de macrotúnel.

Evaluar programas combinados de fertilización, densidades de siembra y malla sombra, y con ello definir una tecnología local para la producción de tomate bajo condiciones de macrotúnel.

Evaluar el efecto de la aplicación de mallas sombra en otras hortalizas de la zona, tomando como base el presente estudio y sus implicaciones.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abcagro, US. (2000). Hortalizas. Estados Unidos. Consultado 27 de noviembre de 2014. Disponible en [http. // www. Abcagro.com](http://www.Abcagro.com).

Adams, P.; Ho, L.C. (1993). Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. *Plant Soil* 154, 127-132.

Bastida, A. y Ramírez, J. (2008). Los Invernaderos en México. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 123 p.

Cacao, GU. (2004). Protección + producción. *Nuestro Campo* no. 6: 9 -11

Carrera, N. (2010). Evaluación de Acibenzolar-S-Methyl como un complemento al manejo integrado de plagas para contrarrestar el virus del acolchamiento del tomate (*Solanum lycopersicum*) híbrido Silverado, Camotán, Chiquimula. Tesis de Grado de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Landivar de Guatemala. 62 p.

Cartujano, E. (1984). Desarrollo y fenología del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) var. Rendidora. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 79 p.

Castellanos, J. (2007). Perspectivas de la agricultura protegida en México. In: Segunda Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Guadalajara, México. [consultado el 23 agosto de 2013]. Disponible en: [http://www.rniaf.org.mx/2007/memoria/ponencias/protegida/p4\\_perspectivas1.pdf](http://www.rniaf.org.mx/2007/memoria/ponencias/protegida/p4_perspectivas1.pdf)

- Castillo, M. (2007). Monitoreo de mosca blanca y virosis en los principales valles productores de tomates y chiles de Guatemala de marzo 2006 a febrero 2007, Revista de Fasagua, marzo, No. 14 pp. 15-18
- Castillo Galindo, MA. 2004. Evaluación agronómica de ocho materiales genéticos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo dos sistemas de manejo y su tolerancia al virus del acolochamiento de la hoja, en Bárcena, Villa Nueva. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 75 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Enseñanza y Aprendizaje) (1990). Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Programa de mejoramiento de cultivos tropicales. Turrialba, Costa Rica. 145 p.
- Chinchilla, E. (2005). Cultivo No. 12, El Tomate. Serie Técnica: Seguridad y Salud Ocupacional. Consejo de Salud Ocupacional, Departamento de Medicina, Higiene y Seguridad Ocupacional, Área Agricultura. Alajuela, Costa Rica. 49 p.
- Corpoño, B. (2004). Manual del Cultivo de Tomate. Centro de Inversión, Desarrollo y Exportación de Agro negocios. San Salvador, El Salvador. 66 p.
- Cruz, E. (2010). Sistematización del proceso de introducción de macro túneles con cobertura de polipropileno, en la producción de tomate (*solanum lycopersicum*, Solanaceae) en finca los tinos, Santa Catarina Mita, Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, 67 p.
- Duarte, J. (2007). Evaluación agroeconómica del uso de cobertores de polipropileno en macrotunel, para la producción de tomate (*Lycopersicun esculentum* mill.), en tres épocas del año, en el valle de Chiquimula. Tesis de Grado. Universidad De San Carlos De Guatemala, Centro Universitario De Oriente, Facultad de Agronomía. Chiquimula, Guatemala. 59 p.

Fasagua, (2013). Nuestro Campo Revista No. 34, Guatemala. 20 p.

FASAGUA (Federación de Asociaciones Agrícolas de Guatemala). 2006. Manual técnico de cultivo de tomate en campo abierto. Nuestro Campo. no. 13, 14 p.

Gmia, Geosintéticos, Mallas, Ingeniería Agrícola, (2013). Agricultura, Malla de Sombra (en línea), Consultado el 30 de mayo del 2013. Disponible en <http://www.gemia.com.mx/documents/92.html>.

González, J. (2011). Sistematización de la implementación de una veda, para el manejo del complejo de virosis en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*, *Solanaceae*), en el valle de Salamá, Baja Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, URL. 54 p.

Holdridge, L. (1982). Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Instituto Nacional Forestal. Guatemala. 25 p.

INFOAGRO (2003). Los plásticos en la agricultura (en línea). España. Consultado 4 septiembre 2013. Disponible en: [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/plasticos.asp](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/plasticos.asp).

Jaramillo, J.; Rodríguez, V.; Guzmán, M.; Zapata. M.; y Rengifo, T. (2007). Manual Técnico: Buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Gerencia de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Antioquia (MANA); y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, La Selva. Antioquia, Colombia. 316 p.

León R., E. (2008). Agricultura Protegida. Buena práctica Agricultura Protegida. Proyecto Centro de Desarrollo Rural FSG 963. Universidad del Valle de Guatemala y Fundación Soros Guatemala. Guatemala. 52 P.

- Moreno, E. (2007). Agricultura protegida para la producción de hortalizas. Segunda Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Guadalajara, México. [Consultado el 23 de agosto de 2013]. Disponible en: [http://www.rniaf.org.mx/2007/memoria/ponencias/protegida/p3\\_produccion.pdf](http://www.rniaf.org.mx/2007/memoria/ponencias/protegida/p3_produccion.pdf)
- Navas, L. (2005). Cultivo de tomate bajo condiciones de macro túnel. Chimaltenango, Guatemala, Vista Volcanes S.A., Departamento de Investigación. 10 p.
- Pérez, R. (2010). Evaluación del efecto de cuatro densidades de siembra en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum: Solanaceae*) variedad Helios, Producido en Macro túnel y Campo abierto. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, URL, 59 p.
- Pérez, J.; Hurtado, G.; Aparicio, V.; Argueta, Q. y Larín, M. (2002). Guía técnica del cultivo de tomate. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. La Libertad, el Salvador. 48 p.
- Rodríguez, A. (2010). Desarrollo de fruto y calidad de semilla de cinco variedades de *Physalis ixocarpa* Brot, en el valle del Fuerte, Sinaloa. Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Producción de Semillas. Colegio de Post Graduados, Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 101 p.
- Santos, B. y Salamé, T. (2013). Producción de hortalizas en ambientes protegidos: Estructuras para la agricultura protegida. Serie de publicaciones del Departamento de Horticultural Sciences, UF/IFAS Extensión. (UF/IFAS). Universidad de Florida, Estados Unidos. 4 p.
- Simmons, C. Tárano, J. Pinto, J. (1959). Clasificación a nivel de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Imprenta José Pineda Ibarra. Guatemala. 1000 p.

SQM VITAS (2016). Tomate, Guía de manejo, Nutrición vegetal. Lima, Perú. 84 p.

Szczesny, A. (2000). Cultivos productivos: producción en invernáculo. Ventajas de los cultivos protegidos en el sudeste Bonaerense. Diferentes tipos de unidades productivas (en línea). Consultado 25 Septiembre 2013. Disponible en: [http://www.agromail.net/agro/datos/a238\\_1166.html](http://www.agromail.net/agro/datos/a238_1166.html).

Villela, J. (2000). El Cultivo de Tomate. Proyecto de Desarrollo Agrícola "PDA", MAGA, Guatemala. 144 p.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.**  
**Porcentaje de humedad relativa por tratamiento.**

Días después del trasplante	Cobertura de malla Raschel 50%	Cobertura de malla Monofilamento 35%	Cobertura de malla Monofilamento 50%	Sin cobertura de sombra
	Porcentaje de humedad relativa			
1	75	67	71	63
2	80	74	77	71
3	73	66	69	63
4	82	77	80	75
5	87	82	85	80
6	87	84	85	82
7	88	85	86	83
8	89	86	87	84
9	63	54	58	50
10	77	67	72	63
11	74	66	70	62
12	77	69	73	65
13	82	72	77	67
14	75	67	71	63
15	80	70	74	65
16	71	64	67	60
17	87	79	83	75
18	70	63	66	59
19	76	68	72	64
20	73	65	69	61
21	82	72	77	67
22	78	68	73	64
23	89	81	85	77
24	75	67	71	63
25	82	76	79	73
26	84	79	82	77
27	85	82	83	80
28	86	83	84	81
29	87	84	85	82
30	75	65	70	61
31	73	65	69	61
32	88	77	82	72
33	67	59	63	56
34	74	66	70	62
35	69	61	65	58

Días después del trasplante	Cobertura de malla Raschel 50%	Cobertura de malla Monofilamento 35%	Cobertura de malla Monofilamento 50%	Sin cobertura de sombra
	Porcentaje de humedad relativa			
36	76	68	72	64
37	70	63	66	59
38	85	79	82	76
39	81	72	76	68
40	77	67	72	63
41	66	58	62	55
42	86	81	84	79
43	73	65	69	61
44	88	81	84	78
45	85	79	82	76
46	78	68	73	64
47	88	81	84	78
48	86	83	84	81
49	87	85	86	84
50	87	82	85	80
51	75	65	70	61
52	69	61	65	58
53	87	79	83	75
54	82	72	77	67
55	69	61	65	58
56	74	64	69	60

**Anexo 2**  
**Promedio de la temperatura (°C)**

Días después del trasplante	Cobertura de malla Raschel 50%	Cobertura de malla Monofilamento 35%	Cobertura de malla Monofilamento 50%	Sin cobertura de sombra
	Temperatura promedio °C			
1	29.2	30.8	28.9	32.8
2	28.3	28.6	27.4	29.8
3	30.1	31.1	29.6	32.8
4	29.2	29.0	28.1	29.9
5	29.2	29.0	28.1	29.9
6	29.9	29.1	28.5	29.7
7	29.0	28.1	27.5	28.7
8	28.4	27.5	27.0	28.1
9	32.1	35.4	32.6	38.4
10	29.0	31.2	29.0	33.5
11	28.2	29.7	27.9	31.6
12	28.6	30.1	28.3	32.1
13	29.6	31.9	29.7	34.3
14	30.0	31.7	29.8	33.7
15	30.5	32.9	30.6	35.3
16	30.0	31.7	29.7	33.7
17	29.0	30.0	28.5	31.6
18	30.9	32.7	30.7	34.7
19	29.9	31.5	29.6	33.6
20	29.0	30.6	28.7	32.5
21	33.1	35.8	33.4	38.5
22	31.5	34.1	31.7	36.6
23	30.5	31.6	30.0	33.3
24	31.4	33.3	31.3	35.4
25	32.4	33.0	31.7	34.4
26	30.3	30.1	29.2	31.1
27	31.1	30.4	29.7	31.0
28	31.1	30.4	29.7	31.0
29	31.0	30.2	29.6	30.8
30	32.1	34.7	32.3	37.3
31	30.8	32.6	30.6	34.7
32	31.1	33.5	31.2	36.0
33	32.3	34.3	32.2	36.5
34	29.8	31.4	29.5	33.4
35	32.8	34.8	32.7	37.0

Días después del trasplante	Cobertura de malla Raschel 50%	Cobertura de malla Monofilamento 35%	Cobertura de malla Monofilamento 50%	Sin cobertura de sombra
	Temperatura promedio °C			
36	30.4	32.1	30.2	34.1
37	30.4	32.1	30.2	34.1
38	32.2	32.8	31.4	34.2
39	30.8	32.6	30.6	34.6
40	32.5	35.2	32.7	37.8
41	31.2	33.1	31.1	35.2
42	33.9	33.9	32.9	35.0
43	31.8	33.7	31.7	35.8
44	31.9	32.5	31.2	33.9
45	33.7	34.4	33.0	35.9
46	31.8	34.4	32.0	37.0
47	31.7	32.3	31.0	33.7
48	33.1	32.4	31.7	33.1
49	33.5	32.1	31.8	32.5
50	33.4	33.4	32.4	34.4
51	32.8	35.5	33.0	38.1
52	31.1	32.9	31.0	35.0
53	32.6	33.9	32.2	35.7
54	33.1	35.9	33.4	38.5
55	31.4	33.3	31.3	35.4
56	32.7	35.4	33.0	38.1

### **Anexo 3**

#### **Porcentaje de aborto floral de tomate por tratamiento y repetición.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>				<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>		
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	13.3	11.0	7.5	11.6	43.4	10.9
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	16.8	24.6	22.3	24.1	87.8	22.0
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	21.3	15.9	10.8	13.8	61.8	15.5
Sin cobertura de sombra	35.6	29.1	30.9	35.1	130.7	32.7

### **Anexo 4**

#### **Porcentaje de frutos cuajados de tomate por tratamiento y repetición.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>				<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>		
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	86.7	89.0	92.5	88.4	356.6	89.2
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	83.2	75.4	77.7	75.9	312.2	78.1
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	78.7	84.1	89.2	86.2	338.2	84.6
Sin cobertura de sombra	64.4	70.9	69.1	64.9	269.3	67.3

## Anexo 5

### Calidad de los frutos de tomate

#### 5.1 Firmeza de los frutos de tomate por tratamiento y repetición

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	7	7	7	6	26.94	6.74
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	5	7	5	6	23.00	5.75
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	6	6	7	7	26.18	6.55
Sin cobertura de sombra	4	5	5	6	20.06	5.02

#### 5.2 Grados brix de los frutos de tomate por tratamiento y repetición

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	7.2	6.8	4.1	7.2	6.3	7.2
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	6.1	6.3	4.2	6.0	5.7	6.1
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	7.2	6.8	5.2	7.1	6.6	7.2
Sin cobertura de sombra	5.1	5.2	5.7	5.3	5.3	5.1

#### 5.3 Grados brix modificados de los frutos de tomate por tratamiento y repetición

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	2.68	2.61	2.02	2.68	10.00	2.50
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	2.47	2.51	2.05	2.45	9.48	2.37
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	2.68	2.61	2.28	2.66	10.24	2.56
Sin cobertura de sombra	2.26	2.28	2.39	2.30	9.23	2.31

#### 5.4 Porcentaje del tamaño de los frutos de tomate

Tratamientos	Porcentaje del tamaño del fruto		
	Frutos mayores de 80 mm	Frutos de 40 a 80 mm	Frutos menores de 40 mm
Cobertura de sombra Malla Raschel 50%	65	23	12
Cobertura de sombra Malla Monofilamento 35%	54	25	21
Cobertura de sombra Malla Monofilamento 50%	61	28	21
Sin cobertura de sombra (Testigo)	45	32	23

### 5.5 Porcentaje del tamaño frutos mayores de 80 mm

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	65	62	63	70	260	65
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	51	58	53	54	216	54
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	65	68	61	50	244	61
Sin cobertura de sombra	45	45	50	40	180	45

### 5.6 Porcentaje del tamaño de frutos de 40 a 80 mm

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	18	22	24	28	92	23
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	20	27	20	33	100	25
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	20	23	16	13	72	18
Sin cobertura de sombra	29	35	33	31	128	32

### 5.7 Porcentaje del tamaño de frutos menores de 40 mm

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	17	16	13	2	48	12
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	29	15	27	13	84	21
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	15	9	23	37	84	21
Sin cobertura de sombra	26	20	17	29	92	23

### 5.8 Porcentaje del peso de los frutos de tomate por tratamiento

Tratamientos	Porcentaje del peso del fruto		
	Frutos mayores de 80 g	Frutos de 50 a 80 g	Frutos menores de 50 g
Cobertura de sombra Malla Raschel 50%	65	23	12
Cobertura de sombra Malla Monofilamento 35%	54	25	21
Cobertura de sombra Malla Monofilamento 50%	61	28	21
Sin cobertura de sombra (Testigo)	45	32	23

### 5.9 Porcentaje del peso de frutos menores de 50 g

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	49	47	48	50	194	49
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	42	42	47	46	177	44
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	48	49	50	43	190	48
Sin cobertura de sombra	41	42	46	36	165	41

### 5.10 Porcentaje del peso de frutos de entre 50 a 80 g

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	75	72	73	80	300	75
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	65	65	72	71	273	68
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	73	75	80	65	293	73
Sin cobertura de sombra	63	63	70	56	252	63

### 5.11 Porcentaje del peso de frutos mayores de 80 g

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	113	108	110	121	452	113
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	88	88	98	96	370	93
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	106	106	118	94	424	106
Sin cobertura de sombra	85	85	94	76	340	85

## Anexo 6

### Rendimiento kg/ha

#### 6.1 Rendimiento total (kg/ha)

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	49,240.00	39,140.00	40,820.00	41,820.00	171,020.00	42,755.00
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	35,350.00	34,720.00	34,100.00	35,200.00	139,370.00	34,842.50
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	39,020.00	32,830.00	33,580.00	35,680.00	141,110.00	35,277.50
Sin cobertura de sombra	34,200.00	28,430.00	30,040.00	31,150.00	123,820.00	30,955.00

#### 6.2 Rendimiento comercial (kg/ha)

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Cobertura de sombra malla Raschel 50%	49,240.00	39,140.00	40,820.00	41,820.00	171,020.00	42,755.00
Cobertura de sombra malla Monofilamento 35%	35,350.00	34,720.00	34,100.00	35,200.00	139,370.00	34,842.50
Cobertura de sombra malla Monofilamento 50%	39,020.00	32,830.00	33,580.00	35,680.00	141,110.00	35,277.50
Sin cobertura de sombra	34,200.00	28,430.00	30,040.00	31,150.00	123,820.00	30,955.00

