

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES ESTABILIZADORES DE RAYOS ULTRAVIOLETA
EN POLIPROPILENO PARA EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.
var. Silverado), ICTA, LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Presente a las autoridades de la División de Ciencia y Tecnología del Centro
Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Por:

VICTOR ESTUARDO PÉREZ COLOP

Previo a conferírsele el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En el grado académico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

QUETZALTENANGO, OCTUBRE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

AUTORIDADES

Rector Magnifico: Dr. Carlos G. Alvarado Cerezo.
Secretario Administrativo: Dr. Carlos Enrique Camey

CONSEJO ADMINISTRATIVO

Director General del CUNOC: MSc. María de Rosario Paz Cabrera.
Secretario Administrativo: MSc. Silvia del Carmen Recinos.

REPRESENTANTES DE LOS CATEDRÁTICOS

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa.
Ing. Edelman Monzon.

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA.

Ing. Agr MSc. Imer Vinicio Vasquez V.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN TÉCNICO PROFESIONAL

PRESIDENTE:

Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

EXAMINADORES:

Ing. Agra. Aura Elvira Hernández

Ing. Agr. Juan Bolaños

Ing. Agr MSc. Imer Vinicio Vásquez

SECRETARIO:

Ing. Agr MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez.

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN:

Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA:

Ing. Agr MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez.

NOTA:

“Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en la presente tesis.” (Artículo 31 del Reglamento para Exámenes Técnicos Profesionales del Centro Universitario de Occidente, y Artículo 19 de la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango, octubre 2016.

HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO

HONORABLES AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

HONORABLE MESA DE ACTO DE GRADUACIÓN Y JURAMENTACIÓN

De conformidad con lo establecido en la Ley Organica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Tesis titulado:

Evaluación del efecto de tres estabilizadores de rayos ultravioleta en polipropileno para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L. var. Silverado), ICTA, La Alameda, Chimaltenango.

Presentándolo como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el Grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente.

Victor Estuardo Pérez Colop.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Quetzaltenango, 25 de Febrero 2,015.

A:

Q.F. Roberto Méndez.
Director de División de Ciencia y Tecnología.
Centro Universitario de Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Edificio.

Respetable Licenciado:

Atentamente me dirijo a Usted, para informarle que a la fecha he finalizado la **ASESORÍA** del trabajo de graduación del estudiante **VICTOR ESTUARDO PEREZ COLOP**, cuyo título:

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES ESTABILIZADORES DE RAYOS ULTRAVIOLETA EN
POLIPROPILENO PARA EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L. var. Silverado), ICTA,
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO.**

Al respecto, me permito manifestarle que dicha investigación es un valioso aporte para el sector de agrícola de nuestro país y cumple con los requerimientos de investigación establecidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Carrera de Agronomía, por lo que **RECOMIENDO SU PUBLICACIÓN.**

Sin otro particular.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr/ MSc. Luis Márquez
ASESOR
Colegiado Activo 1,342.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
División de Ciencia y Tecnología

Quetzaltenango, 13 de octubre 2016

Lic. Aroldo Roberto Méndez.
Director División Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente

Licenciado Méndez:

De acuerdo con el nombramiento que esa Dirección me hiciera de REVISIÓN FINAL, contenido en el Of. No.021/SDCyT/2015, de fecha 02 de marzo de 2015, del Trabajo de Graduación del Estudiante **VICTOR ESTUARDO PÉREZ COLOP**, Titulado:

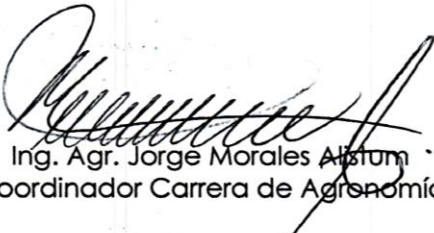
"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES ESTABILIZADORES DE RAYOS ULTRAVIOLETA EN POLIPROPILENO PARA EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L. var. Silverado), ICTA, LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO."

Informo a usted que he procedido a la revisión del referido trabajo y luego de indicar las correspondientes mejoras, he constatado que el trabajo ha sido corregido con las observaciones emanadas de mi parte.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. Jorge Morales Alistum
Coordinador Carrera de Agronomía

/VSGdeG.



**Centro Universitario de Occidente
División de Ciencia y Tecnología**

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**
Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 015-AGR-2016 de fecha doce de octubre del año dos mil dieciséis del (la) estudiante: VICTOR ESTUARDO PÉREZ COLOP con Carné No 200830612 emitida por el Coordinador de la Carrera de AGRONOMIA, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado:

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES ESTABILIZADORES DE RAYOS ULTRAVIOLETA EN POLIPROPILENO PARA EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L. variedad Silverado), ICTA, LA ALAMEDA CHIMALTENANGO. ”


Quetzaltenango, 13 de octubre de 2016.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to be "A. Sánchez", written over a horizontal line.



Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez
Director de División de Ciencia y Tecnología

The seal of the Academia Coahuilense de Ciencias y Letras is circular, featuring a central figure of a man on a horse, a lion rampant, a castle, and a papal tiara. The Latin motto "CETERA SCRIBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER" is inscribed around the perimeter.

Evaluación del efecto de tres estabilizadores de rayos ultravioleta en polipropileno para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L. var. Silverado), ICTA, La Alameda, Chimaltenango.

ÍNDICE

	Pag.
1. Introducción	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.2 Hipótesis	4
1.2.1 Hipótesis nula	4
1.2.2 Hipótesis alternativa	4
2. Marco Teórico	5
2.1 Generalidades del cultivo de tomate (<i>Solanum Lycopersicum</i> L.)	5
2.2 Efecto de la radiación ultravioleta en las plantas	7
2.3 Uso de cubiertas flotantes y macro túneles	8
2.4 Tela no tejida de polipropileno (agribon, agril, velo agrícola o cubierta flotante)	9
2.4.1 Naturaleza y características de la telas no tejida de polipropileno	9
2.4.2 Características de los estabilizadores de rayos ultravioleta	10
2.4.3 Efecto de cubierta flotante de polipropileno sobre virosis e insectos	11
2.5 Definiciones económicas básicas	11
2.5.1 Costos fijos	11
2.5.2 Costos variables	12
2.5.3 Costos totales	12
2.5.4 Utilidad neta	12
2.5.5 Rentabilidad	12
2.5.6 Tasa de retorno marginal	13
3. Materiales y Métodos.	14
3.1 Descripción del área de estudio	14
3.2 Metodología	16
3.2.1 Descripción del equipo e insumos	16
3.2.1.1 Material cobertor utilizado.	16
3.2.1.2 Características de la variedad 'Silverado'	16
3.2.2 Diseño experimental	17
3.2.2.1 Diseño estadístico	17

3.2.2.2	Modelo estadístico	17
3.2.2.3	Tratamientos	17
3.2.2.4	Repeticiones	18
3.2.2.5	Unidad experimental	18
3.2.3	Manejo del experimento	21
3.2.3.1	Preparación del terreno	21
3.2.3.2	Riego	21
3.2.3.3	Instalación de la cubierta de polipropileno en forma de "Túnel"	21
3.2.3.4	Trasplante	22
3.2.3.5	Fertilización	22
3.2.3.6	Control de malezas	22
3.2.3.7	Control de plagas y enfermedades	22
3.2.4	Variables de respuesta	23
3.2.4.1	Variables vegetativas	23
3.2.4.2	Variables de rendimiento	23
3.2.4.3	Variables del fruto en cuanto a tamaño	23
3.2.4.4	Variable del fruto en contenido de azúcar	24
3.2.4.5	Variable de longevidad del fruto	24
3.2.4.6	Degradación del polipropileno.	24
3.2.5	Análisis estadístico	24
3.2.5.1	Análisis de varianza	24
3.2.5.2	Prueba de medias	24
3.2.5.3	Análisis de los registros de datos de temperatura y humedad	25
3.2.5.4	Análisis gráfico	25
3.2.6	Análisis económico	25
3.2.6.1	Determinación de la tasa marginal de retorno	25
4.	Análisis y discusión de resultados	26
4.1	Análisis de altura y grosor de tallo, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	26
4.2	Análisis de longitud polar y diámetro ecuatorial del fruto de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	32
4.3	Análisis del rendimiento de fruto en Kg/ha	40
4.4	Análisis de grados brix en el fruto de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	49

4.5	Vida de anaquel en el fruto de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	51
4.6	Mancha solar en el fruto de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	53
4.7	Longevidad del polipropileno como cobertor agrícola, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	55
4.8	Análisis económico en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	56
5.	Conclusiones	58
6.	Recomendaciones	60
7.	Bibliografía	61
8.	Anexo	65
8.1	Mapa de ubicación del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) sede La Alameda, Chimaltenango	65
8.2	Fotografías tomadas durante el proceso de investigación	66
8.3	Cronograma	72
8.4	Análisis de suelo	73
8.5	Plan de fertilización	74
8.6	Programa fitosanitario, sugerido para el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	75
8.7	Promedio de temperatura y humedad dentro de los diferentes tratamientos.	77

ÍNDICE DE CUADROS

		Pag.
Cuadro 1	Tratamientos a evaluar en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	18
Cuadro 2	Resultados para la variable en altura de la planta, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	26
Cuadro 3	Análisis de varianza para la variable de altura de la planta, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	27
Cuadro 4	Análisis sobre la prueba de Tukey para la variable de altura de planta, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	27
Cuadro 5	Resultados para la variable en grosor del tallo, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	29
Cuadro 6	Análisis de varianza para la variable del grosor del tallo, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	30
Cuadro 7	Análisis sobre la prueba de Tukey para la variable del grosor del tallo, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	30
Cuadro 8	Clasificación de los frutos en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	32
Cuadro 9	Promedio para la variable del diámetro ecuatorial del fruto en primera, segunda y tercera calidad, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	33
Cuadro 10	Análisis de varianza sobre el diámetro ecuatorial en fruto de primera calidad, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	33
Cuadro 11	Análisis de varianza sobre el diámetro ecuatorial en fruto de segunda calidad, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	34
Cuadro 12	Análisis de varianza sobre el diámetro ecuatorial en fruto de tercera calidad, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	34

Cuadro 13	Promedio para la variable del diámetro polar del fruto en primera, segunda y tercera calidad, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	35
Cuadro 14	Análisis de varianza sobre el diámetro polar en fruto de primera calidad, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	35
Cuadro 15	Análisis de varianza sobre el diámetro polar en fruto de segunda calidad, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	36
Cuadro 16	Análisis de varianza sobre el diámetro polar en fruto de tercera calidad, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	36
Cuadro 17	Análisis sobre la prueba de Tukey en el diámetro polar del fruto de primera calidad en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	37
Cuadro 18	Análisis sobre la prueba de Tukey en el diámetro polar del fruto de tercera calidad en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	38
Cuadro 19	Sumatoria para la variable de rendimiento del fruto en Kg/ha en primera, segunda y tercera calidad, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	40
Cuadro 20	Análisis de varianza para la variable de rendimiento en fruto de primera calidad en Kg/ha, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	41
Cuadro 21	Análisis de varianza para la variable de rendimiento en fruto de segunda calidad en Kg/ha, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	41
Cuadro 22	Análisis de varianza para la variable de rendimiento en fruto de tercera calidad en Kg/ha, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	42
Cuadro 23	Análisis de varianza para la variable de rendimiento en frutos totales en Kg/ha, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	42
Cuadro 24	Prueba de Tukey para la variable de rendimiento en frutos de primera calidad, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	43

Cuadro 25	Prueba de Tukey para la variable de rendimiento en frutos de segunda calidad, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	43
Cuadro 26	Prueba de Tukey para la variable de rendimiento en frutos de tercera calidad, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	44
Cuadro 27	Prueba de Tukey para la variable de rendimiento total del fruto, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	45
Cuadro 28	Promedio para la variable de grados Brix en el fruto de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	49
Cuadro 29	Promedio para la variable de vida de anaquel en el fruto de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	51
Cuadro 30	Análisis de varianza en la variable de días de vida de anaquel, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	52
Cuadro 31	Prueba de Tukey para la variable días de vida de anaquel, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	52
Cuadro 32	Durabilidad del polipropileno como cobertor agrícola, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	55
Cuadro 33	Análisis de la tasa marginal de retorno, en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.	57

ÍNDICE DE GRAFICAS

		Pag.
Grafica 1	Efecto de la temperatura y humedad sobre la altura de planta.	28
Gráfica 2	Efecto de la temperatura y humedad sobre el grosor del tallo en la planta.	31
Grafica 3	Análisis de medias en el diámetro polar del fruto de 1°, 2°, y 3°.	38

Gráfica 4	Comparativa entre rendimientos del fruto en 1ª, 2ª y 3ª calidad en el fruto en Kg/ha.	45
Gráfica 5	Efecto de la temperatura y humedad sobre el rendimiento total del fruto en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	46
Gráfica 6	Promedio del porcentaje de grados brix en el fruto de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	49

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pag.
Figura 1	Croquis de la unidad experimental.	19
Figura 2	Área total del experimento.	20

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.

		Pag.
Fotografías 1 y 2	Síntomas de la mancha solar en el fruto de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	54
Fotografías 3 y 4	Degradación de la tela no tejida de polipropileno por efecto de la radiación ultravioleta en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	56
Fotografías 5 y 6	Recolección de muestra para el análisis de suelo.	66
Fotografías 7 y 8	Preparación del terreno, trazado, nivelación y picado.	66
Fotografías 9 y 10	Aplicación de materia orgánica y nematocida.	66
Fotografías 11 y 12	Instalación del sistema de riego por goteo y mulch.	67
Fotografías 13 y 14	Instalación de arcos y cobertura con tela no tejida de polipropileno.	67
Fotografía 15	Tela no tejida de polipropileno con estabilizadores de rayos ultravioleta 2%, 3% y 4%.	68
Fotografía 16	Proyecto de evaluación con coberturas de polipropileno.	68
Fotografías 17 y 18	Sistema de inyección de fertilizantes Venturi.	69
Fotografías 19 y 20	Toma de datos en altura de planta y grosor del tallo.	69

Fotografías 21 y 22	Toma de datos en el diámetro polar y transversal del fruto.	70
Fotografías 23 y 24	Toma de datos en rendimiento y clasificación del fruto.	70
Fotografías 25 y 26	Toma de datos sobre el porcentaje de grados Brix.	71
Fotografías 27	Determinación de la vida de anaquel en los frutos de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	71

Resumen

En este estudio se evaluó en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L. variedad Silverado) tres concentraciones de estabilizadores de rayos ultravioleta en la finca La Alameda, Chimaltenango en el año 2014, siendo estos 2%, 3% y 4% en tela no tejida de polipropileno, considerando su efecto en altura de planta, grosor de tallo, diámetro polar de fruto, diámetro ecuatorial de fruto, grados brix, vida de anaquel y rendimiento del tomate. El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar, evaluando cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, las variables estudiadas fueron sometidas a un análisis de varianza (ANDEVA) y test de Tukey ($p < 0,05$). Se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, la concentración con 4% de estabilizador UV afectó las variables de altura 1.36 m., grosor del tallo 0.014 m., rendimiento 117,397 Kg/ha, y el tratamiento con 2% de estabilizador de rayos ultravioleta influyó en el aumento del diámetro polar del fruto con 0.072 m., Sin embargo en el testigo sin cobertura el porcentaje de grados brix se alcanzó 7.92% y mayor vida en anaquel con 43.75 días. Otro factor determinante es la longevidad del polipropileno del 4% UV que cumplió con el ciclo de producción del cultivo además de obtener un beneficio económico como lo evidencia la tasa marginal de retorno con 218% demostrando que la inversión para su construcción influyó significativamente en la rentabilidad del sistema y así ser una opción viable para producir tomate en macro túnel.

1. Introducción

En Guatemala, el comportamiento histórico de la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) durante los últimos 7 años presenta una tendencia de aumento en la producción del 12% anual con una producción de 208,377 TM. Además de ser un cultivo que genera ingreso económico a los agricultores de hortalizas del municipio de Chimaltenango. (MAGA, 2008)

La explotación intensiva del cultivo, ha traído consecuencias adversas como la proliferación de problemas fito-patológicos influenciados por insectos vectores patogénicos, provocando la reducción del rendimiento, tal es el caso de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*.) ya que causa daños por succión directa del fluido de la planta y por la transmisión de diversos geminivirus que afectan el cultivo, regularmente desde el momento del trasplante hasta los 45 a 60 días de desarrollo, provocado pérdidas en la producción estimadas entre el 50% a 60%, que en algunos casos obligan al agricultor a abandonar el cultivo en sus primeras fases de desarrollo.

Tradicionalmente el control se realizaba a base de pesticidas químicos, los cuales no han disminuido las pérdidas por virosis, debido a los problemas de resistencia, uso excesivo de estos pesticidas e influenciado por la falta de orientación técnica. Por lo que se ha planteado la necesidad, de un manejo integrado en el que se conjunten ciertas prácticas agronómicas para disminuir los daños y aumentar los rendimientos para combatir el efecto de vectores patogénicos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Dentro de estas nuevas técnicas, se encuentra el uso de cobertura con tela no tejida de polipropileno para las plantaciones de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el campo definitivo, con lo que se persigue la evasión de plagas y a la vez un efecto de microclima que ayude a la planta a soportar periodos extremos de calor y frío. La tela no tejida de polipropileno está disponible con diversos porcentajes de estabilizadores de rayos ultravioleta (2%, 3% y 4%) lo que permite seleccionar la opción que favorezca a un determinado cultivo. Aunque no existe un estudio

técnico que establezca cuál es el porcentaje de estabilizador UV en el polipropileno adecuado para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Empresas privadas que comercializan este tipo de producto, han realizado investigaciones sobre periodos de cobertura, pero el estudio sobre el efecto y la influencia que poseen los estabilizadores de rayos ultravioletas en la tela sin tejer de polipropileno para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es limitado, el desinterés deriva en que el uso de cobertores es una tecnología no muy conocida en nuestra región, por lo que es necesario emprender la investigación de los efectos que pueda tener en la agricultura, bajo las condiciones climáticas, edáficas y agro ecológicas de nuestra región.

Considerando que el factor de la radiación UV tiene un impacto desfavorable en organismos biológicos. Estas respuestas dependen enormemente del tipo de radiación recibida en el campo y la radiación dispersa por los estabilizadores UV del cobertor de polipropileno, así como de las condiciones ambientales en las que el organismo ha desarrollado. Sin embargo entre los efectos dañinos más importantes ocasionados a organismos fotosintéticos se encuentran la degradación de clorofilas y carotenoides y de membranas fotosintéticas (tilacoides del estroma y de grana) la fotoinhibición de la fotosíntesis por destrucción de la proteína D1 del PSII y disminución de la propia tasa fotosintética.

Por lo que en la presente investigación se generó información sobre la influencia que poseen los diferentes estabilizadores de rayos ultravioleta en la tela no tejida de polipropileno en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), tomando en cuenta las variables morfológicas como altura de la planta y grosor de tallo, también las variables de rendimiento, características del fruto como el diámetro polar, diámetro ecuatorial, grados Brix y vida de anaquel. Utilizando un diseño estadístico al irrestricto azar.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de tres estabilizadores de rayos ultravioleta en polipropileno para condiciones ambientales protegidas de cultivo de tomate.

1.1.2. Objetivos Específicos

Identificar la influencia del porcentaje de UV sobre las siguientes características agronómicas del tomate: a) altura de planta b) grosor de tallo.

Evaluar el efecto del porcentajes UV en tela sin tejer de polipropileno sobre las características del fruto del tomate: a) diámetro polar del fruto b) diámetro ecuatorial del fruto c) rendimientos en Kg/ha. d) °brix e) vida de anaquel.

Determinar por medio de un análisis económico qué tratamiento es rentable al agricultor.

Definir el porcentaje de estabilizador UV en polipropileno apropiado para el uso en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

1.2. Hipótesis

1.2.1. Hipótesis Nula

El porcentaje de estabilizador de rayos UV en tela sin tejer de polipropileno no influirá en las características morfológicas del cultivo y aumento de rendimientos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

1.2.2. Hipótesis Alternativa

Por lo menos uno de los tres porcentajes de UV evaluados genera una influencia significativa en las características morfológicas y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Al menos uno de los tres porcentajes de UV presenta propiedades adecuadas para el uso agrícola y expresa longevidad en el uso.

2. Marco Teórico

2.1 Generalidades del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta que pertenece a la familia de las solanáceas, originaria de América. Es una planta anual aunque en condiciones especiales es capaz de mostrar crecimiento perenne. (Nuez, F. 1995)

La planta de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) posee tallos herbáceos y ramificados. Sus hojas son compuestas imparipinadas, de forma alargada y alterna, conformadas por 7 a 9 folíolos, con bordes dentados. Las hojas compuestas alcanzan longitudes de 10 a 40 cm. Puede alcanzar diferentes alturas pero depende de sus hábitos de crecimiento, estas alturas oscilan entre 0.40 a 2.50 m. (Nuez, F. 1995)

La flor es perfecta o hermafrodita, regular e hipógina y consta de cinco o más sépalos y de seis o más pétalos; tiene un androceo 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. 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 2-3 hojas. (Nuez, F. 1995)

El fruto es una baya de color variable, pudiendo ser verde amarillo, rosado y rojo, variable en forma, con superficie lisa, presentando en algunos casos lobulaciones hundidas formadas por surcos longitudinales. El tamaño del fruto del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es variable según el material genético y alcanza

diámetros variables. Entre la floración y la maduración comercial del fruto transcurren 45 a 55 días y de 90 a 120 días desde el semillero hasta la primera cosecha. De acuerdo a su maduración, podemos clasificar el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en tres tipos: Precoz 65 a 80 días, tipo intermedio de 75 a 90 días, tardío 85 a 100 días, para que se pueda iniciar la cosecha. (Nuez, F. 1995)

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es neutro en cuanto a la duración de luz por día. Por lo tanto florece a su debido tiempo de acuerdo con la edad y desarrollo que tiene. Las temperaturas bajas y un crecimiento exuberante retardan la floración y provoca flores de difícil fecundación. Prospera en climas cálidos soleados. No tolera ni fríos ni heladas, requiere un periodo mayor de 110 días con temperaturas favorables. No crece bien entre 15 a 18° C pues su temperatura óptima mensual para su desarrollo es de 21 a 27° C aunque se pueda producir todavía entre los 18 a 30°C. Cuando la temperatura media mensual pasa de los 30° C, las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) no prosperan. Altas temperaturas y vientos secos dañan las flores entonces el fruto tiene dificultades en su formación. Esto sucede también cuando las flores se abren a temperaturas frías. Varias horas a menos de 15 °C de noche a aún 37 °C de día, pueden evitar una polinización adecuada. La temperatura nocturna puede ser determinante en la formación del fruto, Pues debe ser lo suficientemente fresca (entre 15 y 22° C para muchas especies) pero no demasiado bajas porque ello puede resultar en frutos irregulares. (Nuez, F. 1995)

La temperatura óptima diaria para el desarrollo del mejor color rojo de los tomates (*Solanum lycopersicum* L.) está entre los 18 y 24° C (Libertad Carrasco-Ríos, 2009) cuando la temperatura pasa de los límites de 26 a 28° C, consideramos en si como desfavorables, se acentúa aún más el amarillamiento de la fruta, a pesar de tener un ciclo de vida relativamente corto, es atacado por numerosas especies de insectos, tanto del suelo como del follaje en sus diferentes etapas fenológicas. Entre las plagas que atacan al tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se pueden mencionar las siguientes: Gallina Ciega (*Phyllophaga*.), Gusano Alambre (*Agriotes* sp.), Mosca Blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), Gusano de la Hoja (*Spodóptera*), Gusano del fruto (*Heliothis*), Minador de la Hoja (*Lyriomyza sativae*.). (Nuez, F. 1995)

2.2 Efecto de la radiación ultravioleta en las plantas.

La radiación ultravioleta es una parte muy pequeña del conjunto de la luz solar que recibe la superficie del planeta, pues constituye entre un 7% y un 10% de esta. Conviene distinguir entre la radiación ultravioleta A, B y C, que se diferencian por su longitud de onda UV-A (Ultravioleta con longitud de onda larga), entre 320 y 400 nm (nanómetros), UV-B (Ultravioleta con longitud de onda media), entre 290nm y 320nm, y UV-C (Ultravioleta con longitud de onda corta) de 290nm – 200nm . El UV-B, o la radiación cuya longitud de onda es menor que 320nm, es más importante desde el punto de vista biológico, porque muchos de los efectos del ultravioleta sobre los organismos vivos son extremadamente dependientes de la longitud de onda: a medida que esta disminuye, aumenta notablemente la eficiencia relativa de la radiación en inducir una respuesta biológica. (Ballaré, C. 1996)

Algunos procesos metabólicos de las plantas relacionados con la fotosíntesis u otros directamente vinculados con la actividad génica son afectados por esta última radiación. Desde los años setenta, ha sido clásico relacionar un incremento de la radiación ultravioleta con la inhibición de la fotosíntesis, el proceso por el cual las plantas transforman energía solar en química. La magnitud de tal efecto depende mucho de una serie de otros factores ambientales; normalmente es más difícil encontrar inhibiciones marcadas de la fotosíntesis en plantas que crecen en condiciones naturales, comparadas con las que crecen en las condiciones artificiales de un laboratorio, aunque la fotosíntesis también puede verse afectada reduciendo la productividad primaria del fitoplancton en aguas antárticas. (Ballaré, C. 1996)

Las plantas terrestres son también sensibles en cuanto a su morfología a cambios en el nivel de radiación ultravioleta. Un aspecto morfológico crucial para la competencia entre plantas vecinas es el alargamiento. Cuando crecen en condiciones de alta densidad, las más altas llevan una ventaja competitiva, porque pueden capturar más luz. Se han estudiado los efectos de la radiación ultravioleta (además de otras cosas) y se ha encontrado que ejerce una acción inhibitoria del

alargamiento de los tallos. La superficie foliar también tiene importante interés, porque determina el tamaño de la superficie foto-sintética, la que capta fotones para el proceso de fotosíntesis. Es bien conocido que la radiación ultravioleta inhibe la expansión de la superficie foliar, con consecuencias sobre el crecimiento y la acumulación de biomasa. Si se comparan plantas que crecen con radiación ultravioleta B y sin ella, es común encontrar diferencias en la tasa de expansión foliar y en el ritmo de incremento de peso. (Carrasco-Ríos, L. 2009)

Las plantas no son organismos estáticos y, al igual que muchos otros, echan mano a variados recursos para protegerse de niveles altos de radiación ultravioleta. Uno es la síntesis y acumulación de pigmentos fotoprotectores en la epidermis de las hojas y de otros órganos expuestos al sol. Genéricamente, esos pigmentos se denominan flavonoides y tienen una complejidad química considerable. Son sustancias que se acumulan en la epidermis y absorben radiación ultravioleta, con lo que reducen la cantidad que penetra al resto de los tejidos. Las plantas también tienen sistemas que les permiten reparar el daño causado por la radiación ultravioleta a los ácidos nucleicos, uno de los más típicos de los cuales es la formación de dímeros entre bases de pirimidina. (Ballaré, C. 1996)

2.3 Uso de cubiertas flotantes y macro túneles.

Se pueden definir como cubierta a todos aquellos materiales que cubren, a los cultivos establecidos en el campo; estos pueden ser de diferentes materiales, colores, anchos y perforaciones, etc. (BONLAM, MX. 1999)

La función que deben cumplir en general todas las cubiertas es de protección. Existen diversos factores que en ocasiones impiden culminar un ciclo productivo y dentro de estos destacan los riesgos causados por frío o calor y plantas enfermas de virosis transmisible por insectos, en ambos casos estos riesgos deben ser minimizados por las cubiertas. Que además de brindar una protección contra insectos por evasión, tiene la capacidad de crear un efecto de microclima, el cual conserva

mayor humedad y temperatura bajo la cubierta, así favorece el desarrollo del cultivo, logrando incrementos en calidad y rendimiento. (Rodríguez, R. 1984)

Existen dos maneras de colocación de estas cubiertas, en forma flotante y en macro-túnel: En macro-túnel, se refiere a aquellas cubiertas que utilizan una estructura en su colocación pueden ser aros de alambre, estacas u otros.

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. Entre los diferentes materiales que son utilizados como cubiertas flotantes y micro túneles podemos mencionar: polietileno, polietileno perforado, polipropileno y poliéster.

2.4 Tela no tejida de polipropileno (agribon, agril, velo agrícola o cubierta flotante).

Es una cubierta ultraligera y resistente, que permite el paso de la luz, el aire y el agua. Se le incorpora en el proceso de producción, un estabilizador de rayos ultravioleta, el cual lo hace resistente y duradero a la intemperie, pudiendo ser reutilizable (BONLAM, MX. 1999).

Cuando se utiliza cubiertas de polipropileno con estabilizadores de rayos UV sobre los cultivos se busca un efecto de micro-invernadero, que nos permita asegurar una cosecha abundante, oportuna y segura, así mismo se pretende la exclusión de insectos plagas sobre nuestro cultivo. Además los estabilizadores de rayos ultravioleta aumentan la vida útil del polipropileno para el uso agrícola.

2.4.1 Características de la tela no tejida de polipropileno.

Datos técnicos de la tela no tejida de polipropileno utilizado en la agricultura, información proporcionada por la empresa TierrAgro. (Pérez, V. 2012)

- Material: fibras de polipropileno termo-soldadas.
- Peso 17 gramos por metro cuadrado

- Espesor: 0.17 mm.
- Elongación: 40 a 80 %
- Transmisión luminosa: deja pasar 88% de la radiación solar.
- Permeabilidad al aire: la renovación horaria del volumen de aire bajo la tela es de 175 veces por un viento de 1 m/s por debajo de la tela.
- Permeabilidad al agua.
- Resistencia a rayos ultravioletas: 6 a 8 meses de exposición antes del rompimiento de las uniones moleculares del polímero por los rayos ultravioletas.
- Presentación comercial: en rollos o bobinas de 250 metros de longitud y 6.50 metros de ancho. (Pérez, V. 2012)

2.4.2 Características de los estabilizadores de rayos ultravioleta.

El estabilizador de luz, Remafin HALS LS 9018, cuenta con óptimas características al adherirse a las fibras de polipropileno. (Pérez, V. 2012)

Concentración HALS LS 9018: 2%, 3% y 4%

Polímero: PP (grado fibra)

La estabilización básica:

0,05% antioxidantes

Pigmento:

0,25% TiO₂ (estabilizado, rutilo recubierto)

La exposición:

a) Xenotest 1200, BPT 5 °C, humedad relativa 60%, sin rocío de agua

b) Florida 45 °C

Criterio de rotura: 50% retenido resistencia a la tracción

Rendimiento:

La Florida: 245 miles de años luz

Xenotest: 1200 - 5500 horas

2.4.3 Efecto de cubierta flotante de polipropileno sobre virosis e insectos.

La utilización de las telas no tejidas son compatible con otros métodos de lucha fitosanitaria; la permeabilidad de las telas a los fungicidas y a los herbicidas la posibilidad de efectuar tratamientos curativos directamente a través de la tela, considerando que pueden afectar la calidad de los estabilizadores UV.

Un experimento desarrollado en Israel demostró que el porcentaje de moscas blancas que atraviesa una manta no tejida puesta como micro-túnel es del 0.5% (Belinger, et al. 1991). Esta técnica no elimina totalmente los insectos o las plagas, pero permite conducir los cultivos más allá de los umbrales de daños económicos.

En Villa Nueva, Guatemala estudiaron diferentes periodos de cubrimiento de la calabacita (*Cucurbita pepo* L.) con cubiertas flotantes y encontraron que al inicio de floración, el 100 % de las plantas que no se cubrieron presentaron síntomas de virosis e infestación por barrenadores de las cucurbitáceas *Diaphania hyalinata* y *Diaphania nitidales* en cambio las plantas que estuvieron cubiertas no mostraron la enfermedad o la infestación por barrenadores. Además, las telas son compatibles con otras técnicas culturales, muestra que los mejores resultados (rendimiento elevado, protección eficaz contra el virus) son obtenidos en melón (*Cucumis melo* L.) asociados al deshierbe, la cubierta con una manta sobre el suelo o con el acolchado plástico (Casados Merida, JC, 2005).

2.5 Definiciones económicas básicas.

2.5.1 Costos fijos.

Son aquellos costos asociados a la posesión de insumos o recursos fijos. Representan los costos que se incurren aún en el caso de que los insumos no se utilicen. Los costos fijo totales constituyen la suma de varios costos fijos, dentro de los que se encuentran: la depreciación, seguros, reparación, arrendamiento de la tierra, impuestos e intereses (Kay, TC, 1986).

2.5.2 Costos variables.

Son aquellos costos sobre los cuales el administrador tiene el control en un momento de tiempo determinado pueden incrementarse o disminuirse a discreción del administrador y habrán de aumentar a medida que se aumenta la producción. Bienes tales como fertilizantes, semillas, ingredientes químicos, combustibles y otros constituyen ejemplos de costos variables. (Kay, TC, 1986)

2.5.3 Costos totales.

Constituyen la sumatoria de los costos variables más los costos fijos utilizados en la producción. (Kay, TC, 1986)

2.5.4 Utilidad neta.

La utilidad neta representa un valor monetario que resulta de la diferencia entre el ingreso bruto y el total de costos utilizados en la producción. (Kay, TC, 1986)

2.5.5 Rentabilidad.

La rentabilidad es la relación porcentual de la utilidad neta (beneficio neto) entre el total de costos, dado por la ecuación siguiente: $R (\%) = UN/CT * 100$, donde UN corresponde a la utilidad neta y CT a los costos totales en la producción. (Kay, TC, 1986)

Los problemas de bajas utilidades o bajo rendimiento se identifican al calcular la utilidad neta, las tasas de rendimiento respecto de los activos y el capital, a las ganancias atribuidas a la mano de obra y a la administración. (Kay, TC, 1986)

2.5.6 Tasa de retorno marginal.

La tasa de retorno marginal se representa por la relación beneficio neto marginales decir el aumento del beneficio neto dividido por el costo marginal aumento de los costos que varían, puede ser expresada como un porcentaje. (Kay, TC, 1986)

Generalmente se obtiene la tasa de retorno marginal que resulta de haber cambiado de una alternativa a otra. Una TRM de 95% (Q 0.95) significa que por cada quetzal adicional invertido en costo variable al pasar de una alternativa a otra, se recupera dicho quetzal más 95 centavos de quetzal adicionales. La tasa de retorno marginal se determina por la ecuación $TRM = IBN/ICV$ donde IBN corresponde al cambio o incremento en el beneficio neto e ICV al cambio o incremento en el costo variable (BONLAM, MX. 1999).

3. Materiales y métodos.

3.1. Descripción del área de estudio.

A) Localización.

El ensayo se llevó a cabo en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), ubicado en La Alameda, se encuentra localizado en la región central de la República de Guatemala, en el departamento de Chimaltenango. Se localiza en las siguientes coordenadas: 14° 39'30'' de latitud Norte y 90° 49'30'' de longitud Oeste, con una altura de 1786 msnm. (IGN. 1980) (Ver Anexo. 8.1)

B) Vías de acceso.

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), se encuentra localizado a 56.5 km de la ciudad capital de Guatemala y a 2.5 km de la cabecera departamental. (IGN. 1980)

Su principal vía de acceso es la carretera interamericana CA-1 hasta el kilómetro 54, en la intersección a la carretera asfaltada RDCHIM 14 que conduce hacia el parque nacional Los Aposentos, en la intersección del kilómetro 56 en dirección hacia el sector B.

C) Ecología, climatología e hidrología.

La zona de vida, de acuerdo al sistema de clasificación de Holdridge el valle del Chimaltenango, finca La Alameda, pertenece a la zona de vida clasificada como Bosque Muy Húmedo Subtropical Montano Bajo (Holdridge, LR. 1978).

En cuanto a las condiciones climáticas que se presentan en el área de estudio, son las siguientes:

Precipitación anual	1244 mm
Temperatura media anual	22.6 °C
Temperatura máxima anual	25.6 °C
Temperatura mínima anual	05.8 °C

Su evapotranspiración potencial oscila entre 650 – 750 mm por año, en la época seca con 4 a 6 meses de déficit de lluvia, lo que corresponde aproximadamente con 331 – 550 mm. (INSIVUMEH, 2,013)

D) Fisiografía y suelos.

De acuerdo a Simmons, el material madre de los suelos del área de la finca La Alameda, Chimaltenango está formado por ceniza volcánica pomácea de color claro. (Simmons, C.S.J.M. 1959)

Presenta pendientes muy suaves y con suelos profundos con una topografía casi plana, con una pendiente entre uno y dos por ciento en toda el área del Sector B, según su capacidad de uso entra en la Clase I.

Los suelos pertenecen a la serie Cauqué, siendo sus características las siguientes: Son suelos profundos, bien drenados, con textura franca y arenosa, desarrollados sobre cenizas volcánicas, pómez de color claro, relieve ondulado, el suelo superficial de color café oscuro, consistencia suelta a friable con un espesor aproximado de 25 – 40 centímetros, el subsuelo color café. (Simmons, C.S.J.M. 1959)

3.2. Metodología

3.2.1. Descripción del equipo e insumos.

3.2.1.1 Material cobertor utilizado.

La tela no tejida de polipropileno con estabilizadores de rayos ultravioleta en concentraciones del 2%, 3% y 4%, fue proporcionada por la empresa TierrAgro, que se utilizó como cobertura sobre el cultivo en forma de macro-túnel usando arcos de metal galvanizados.

3.2.1.2 Características de la variedad 'Silverado'.

Fruto muy bien aceptado por el consumidor por tener una forma ovalada con excelente color, sabor y firmeza. Siendo un híbrido de alto rendimiento apto para el transporte a largas distancias, y es el estándar de calidad en el mercado guatemalteco.

Siendo una planta con buena cobertura, vigorosa de tipo determinado, posee resistencia a *Fusarium* raza 1 y 2, *Alternaria laternata* y *stemphylium*, nematodos nodulares de la raíz (*Meloidogyne spp*) y peca bacteriana (*Pseudomonas syringae*). Procedente de la empresa FERRY MORSE.

3.2.2 Diseño experimental.

3.2.2.1 Diseño estadístico.

Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar (irrestricto azar). (Paz Gómez, R. De. 2009)

3.2.2.2 Modelo estadístico.

Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar (irrestricto azar). (Paz Gómez, R. De. 2009)

$$Y_i = U + T_i + E_i$$

Dónde:

Y_i = Variable respuesta de la i -ésima unidad.

U = La media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

E_i = Error experimental asociado a la i -ésima unidad experimental.

$i = 1, 2, 3, 4$ tratamientos

3.2.2.3 Tratamientos.

Un total de 3 tratamientos, con diferentes estabilizadores de los rayos ultravioleta en tela no tejida de polipropileno y un testigo absoluto sin cobertura.

Cuadro 1. Tratamientos a evaluar en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Tratamiento	Descripción
T1	4% de UV, el calibre de la tela sin tejer es de 17 gsm
T2	3% de UV, el calibre de la tela sin tejer es de 17 gsm
T3	2% de UV, el calibre de la tela sin tejer es de 17 gsm (Testigo relativo)
T4	Sin cobertura de tela no tejida de polipropileno (Testigo absoluto).

T = Tratamiento

Fuente: Investigación de campo.

Los macro túneles instalados previamente al trasplante, esto deriva de la necesidad de realizar las labores de manera antiséptica, aplicando buenas prácticas agrícolas.

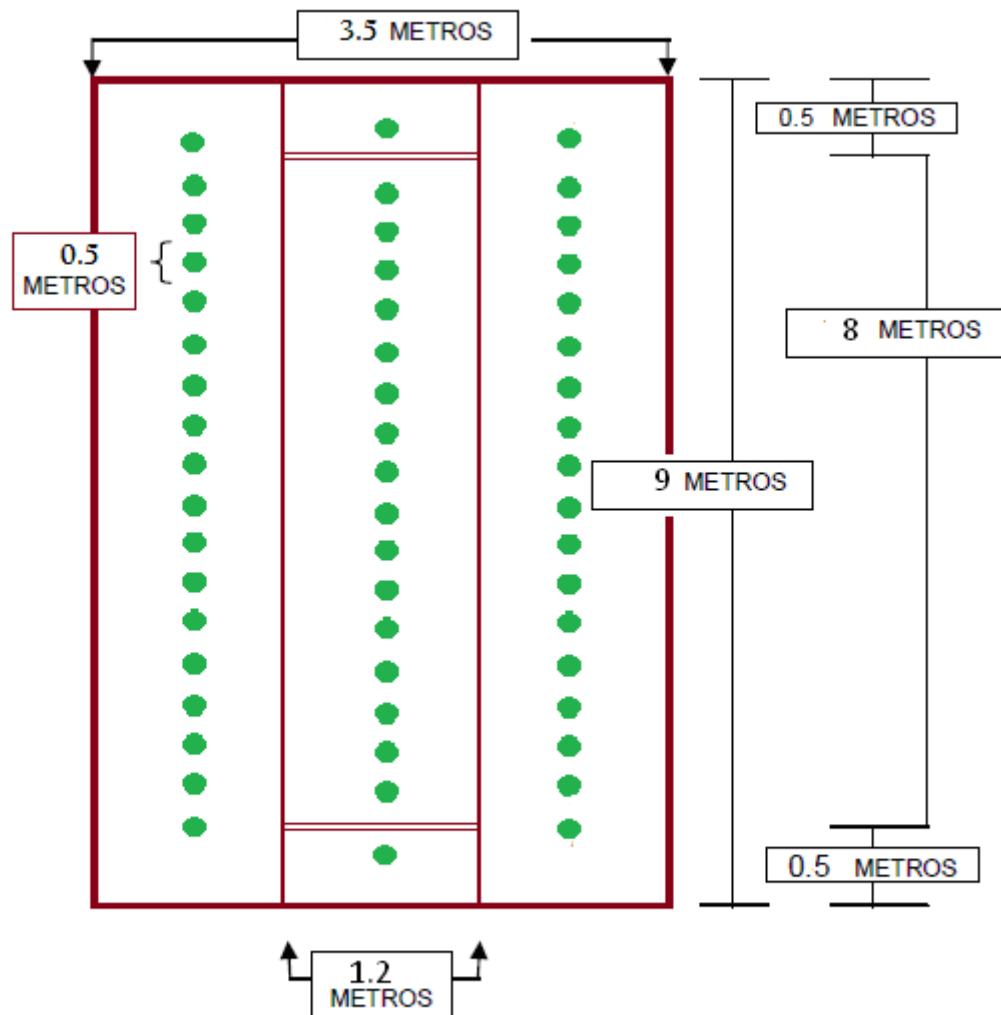
3.2.2.4 Repeticiones.

Se realizaron 4 repeticiones en la investigación

3.2.2.5 Unidad experimental.

El área total que abarcó el experimento fue de 840 m²., el área bruta estuvo constituida por 48 surcos de 1.2 metros de ancho y 9 metros de largo, con un total de 504 m² y con 864 plantas. El área de la parcela neta fue el surco central, restándole 0.5 metros en cada extremo para el efecto de borde y excluyendo las hileras laterales. El área neta quedo en 153.6 m² con 256 plantas distribuidas en las repeticiones y el área bruta de 350.4 m² con 608 plantas (Figura 1 & 2).

Figura 1. Croquis de la unidad experimental.



AREAS: Parcela bruta = 31.5 metros cuadrados / 38 plantas.
Parcela neta = 9.6 metros cuadrados / 16 plantas.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Área total del experimento.



Parcela bruta: 504 metros cuadrados / 608 plantas
 Parcela neta: 153.6 metros cuadrados / 256 plantas

3.2.3 Manejo del experimento.

3.2.3.1 Preparación del terreno.

La preparación del terreno se realizó de forma manual con el sistema de picada y desfondo, además de elaborar los tablonos. Se aplicó un nematicida tres días antes de la siembra, con la aplicación de Carbofuran 5% (Furadan 5G) en dosis de 4.22 gr/m².

3.2.3.2 Riego.

Se estructuró y se elaboró un calendario de riego utilizando un sistema de riego por goteo, esta actividad se realizó después de hacer las camas de siembra, luego se instaló las mangueras para el riego por goteo posteriormente se colocó el mulch o acolchado.

3.2.3.3 Instalación de la cubierta de polipropileno en forma de “túnel”.

Los tratamientos de tela sin tejer en polipropileno con 4%, 3% y 2% se utilizaron en forma de “túnel”. El ancho de la cubierta de polipropileno utilizado fue de 6.50 metros, misma que viene en rollos de 250 metros de largo con un calibre de 17 gramos sobre metro cuadrado.

Para la colocación de la cubierta sobre los arcos galvanizados, primero se instaló la estructura de hierro en los surcos, a cada 4.5 metros y amarrada cada extremo a las estacas, las orillas de cada lado se enterraron 10 cm, para que la cubierta quedara tensada. Las cubiertas quedaron completamente cerradas, protegiendo totalmente al cultivo. A la vez, para la colocación, se utilizaron seis personas, dos que halaron el rollo de la cubierta o manta, colocándolo por encima de los surcos, otros dos fueron acomodando la cubierta por encima de los arcos de metal y otras dos con azadón, que echaron tierra sobre cada orilla de cada lado de la cubierta, la cual quedó lo más pegada posible al surco o cama de siembra.

3.2.3.4 Trasplante.

Las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de la variedad Silverado, se compraron en pilón, el trasplante se efectuó a 35 días de germinada la semilla y con la utilización de un "chuzo" (herramienta para abrir agujeros en el suelo). La distancia de siembra empleada fue de 1.2 metros entre surco y 0.5 metros entre planta.

3.2.3.5 Fertilización.

Se utilizó un plan basado en la interpretación de un análisis de suelo (Ver Anexo 8.4). Este plan de fertilización se aplicó en el sistema de riego por goteo por medio de inyección (venturi) con fertilizantes hidrosolubles. (Ver Anexo 8.5)

3.2.3.6 Control de malezas.

Se realizó de forma manual, la primera a los 10 días después del trasplante, utilizando azadón; la segunda 20 días después del trasplante; una tercera 40 días después del trasplante y una última a los 60 días después del trasplante siempre con el uso de machete, estas labores fueron complementadas con el uso de mulch, como técnica de supresión de malezas.

3.2.3.7 Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades, se realizó de forma preventiva. (Ver Anexos. Cuadro 8.6)

3.2.4 Variables de respuesta.

3.2.4.1 Variables vegetativas.

A) Altura de la planta (AP): Considerando la longitud del tallo desde el nivel del sustrato hasta el meristemo apical del eje principal de la planta, se realizaron cinco lecturas a cada treinta días después del trasplante, se midió con una cinta métrica.

B) Grosor de tallo (GT): El punto de referencia fue el primer entrenudo de la planta que se ubica debajo de la primera inflorescencia, se realizó cinco lecturas a cada treinta días después del trasplante utilizando vernier para la toma de datos.

3.2.4.2 Variables de rendimiento.

A) Peso neto de los frutos: Se cosecharon y clasificaron los frutos en tres diferentes categorías (1ª, 2ª, y 3ª. calidad) según el diámetro polar y ecuatorial del fruto en la parcela neta, durante los seis cortes realizados, expresado en Kg/ha.

B) Rendimiento: Se realizó la sumatoria de los rendimientos de las tres diferentes categorías de fruto en cada uno de los cortes efectuados en la unidad experimental para determinar el rendimiento total expresado en Kg/ha.

3.2.4.3 Variables del fruto en cuanto a tamaño.

A) Diámetro polar: La longitud del fruto se determinó desde la zona del pedúnculo a la zona apical del fruto, durante los siete cortes realizados, la medición se realizó con un vernier.

B) Diámetro ecuatorial: El diámetro ecuatorial se determinó en la parte media del fruto, durante los siete cortes realizados, la medición se realizó con vernier.

3.2.4.4 Variable del fruto en contenido de azúcar.

El contenido de azúcar se midió en grados Brix, con una muestra de 2 gotas de jugo puestas en un refractómetro marca Atago, midió la cantidad aproximada de azúcares (°Brix), esto se realizó durante los siete cortes en el cultivo de tomate.

3.2.4.5 Variable de longevidad del fruto.

Se determinó la vida de anaquel, recolectando tres frutos al azar por cada tratamiento y cada repetición, midiendo su longevidad de vida comercial y se expresó en días.

3.2.4.6 Degradación del polipropileno.

Se determinó la longevidad de la tela no tejida de polipropileno, exponiéndolo a condiciones ambientales del área con el uso de arcos galvanizados, determinando sus días de degradación como cobertor del cultivo en el ciclo productivo.

3.2.5 Análisis Estadístico

3.2.5.1 Análisis de varianza.

Para determinar si existió diferencia estadística significativa entre los distintos tratamientos evaluados se efectuó el análisis ANDEVA. (Paz, R. De. 2009)

3.2.5.2 Prueba de medias.

En los casos que se presentaron diferencias estadísticas significativas, se les realizó una prueba múltiple de medias utilizando Tukey al 5 %. (Paz, R. De. 2009)

3.2.5.3 Análisis de los registros de datos de temperatura y humedad.

Para la toma de datos de temperatura y humedad se utilizó un termohigrómetro, las lecturas se realizaron diarias en el transcurso de la mañana y tarde dentro de los tratamientos, y se realizó un promedio mensual para su posterior análisis en relación a las variables vegetativas y rendimiento. (Ver Anexo 8.7)

3.2.5.4 Análisis gráfico.

Se compararon los datos de humedad y temperatura con el efecto expresados en las características morfológicas de la planta en el cultivo durante las diferentes etapas de crecimiento, utilizando hojas electrónicas de Excel de Microsoft Office 2013.

3.2.6 Análisis Económico.

3.2.6.1 Determinación de la tasa marginal de retorno.

Se realizó un análisis económico utilizando los costos que involucran a cada tratamiento y los precios que rigieron en el mercado en ese período y se utilizó la metodología sugerida por el centro de investigación y mejoramiento de maíz y trigo. (CIMMYT. 1988) con la siguiente fórmula:

$TMR (\%) = (\Delta BN / \Delta CV) \times 100$ en donde,

TMR (%) = Tasa Marginal de Retorno expresado en porcentaje

ΔBN = Incremento en los beneficios netos

ΔCV = Incremento en los costos que varían

4. Análisis y discusión de resultados

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y se utilizó la prueba de Tukey con una confiabilidad del 95%. Se graficó el comportamiento de las variables respecto a las características morfológicas, el programa estadístico que se utilizó fue INFOSTAT. (INFOSTAT. 1,988)

4.1 Análisis de altura y grosor de tallo, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

A) Análisis de varianza en altura de la planta.

Cuadro 2. Resultados para la variable en altura de la planta en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

TRATAMIENTO	REPETICION	SEPTIEMBRE (m.)	OCTUBRE (m.)	NOVIEMBRE (m.)	DICIEMBRE (m.)	ENERO (m.)	PROMEDIO (m.)
T1	R1	0.5721	1.1481	1.6481	1.7681	1.7681	1.3766
T1	R2	0.5728	1.1392	1.6392	1.7592	1.7592	1.3739
T1	R3	0.5740	1.1424	1.6424	1.7624	1.7624	1.3767
T1	R4	0.5784	1.1309	1.6309	1.7509	1.7509	1.3750
T2	R1	0.5205	1.1256	1.6556	1.7456	1.7635	1.3622
T2	R2	0.5218	1.1059	1.6359	1.7259	1.7635	1.3506
T2	R3	0.5183	1.1292	1.6592	1.7492	1.7635	1.3582
T2	R4	0.5145	1.1059	1.6359	1.7259	1.7635	1.3564
T3	R1	0.4913	1.1761	1.6761	1.7161	1.7700	1.3659
T3	R2	0.5017	1.1359	1.6859	1.7759	1.7819	1.3686
T3	R3	0.5006	1.1507	1.6807	1.7607	1.7667	1.3719
T3	R4	0.5080	1.1288	1.6188	1.6888	1.6948	1.3605
T4	R1	0.4438	0.7899	0.8199	0.8399	0.7969	0.6760
T4	R2	0.3593	0.6593	0.6883	0.7083	0.7243	0.6664
T4	R3	0.3788	0.6788	0.7058	0.7258	0.6958	0.6370
T4	R4	0.4056	0.7056	0.7306	0.7506	0.7206	0.6626

Fuente: Investigación de campo.

Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable de altura de la planta en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Recursos	Gl	SC	CM	F	Pr > F	Sig.
Tratamiento	3	1.4955	0.4985	6125.20	0.0001	*
Error	12	0.0010	0.0001			
Total	15	1.4965				

CV = 0.7582 %

* = Significativo.

Fuente: Investigación de campo.

En el análisis de varianza existe diferencia estadística significativa, en el desarrollo de la altura de la planta (Cuadro 3), esto nos demuestra que al menos uno de los tratamientos tuvo un efecto sobre la planta.

Cuadro 4. Análisis de la prueba de Tukey para la variable de altura de planta, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Tratamiento	Media (m.)	Tukey
T1	1.3756	A
T3	1.3667	A
T2	1.3569	A
T4	0.6664	B

Alpha= 0.05 gl= 12 Mínima Diferencia Significativa= 0.01894

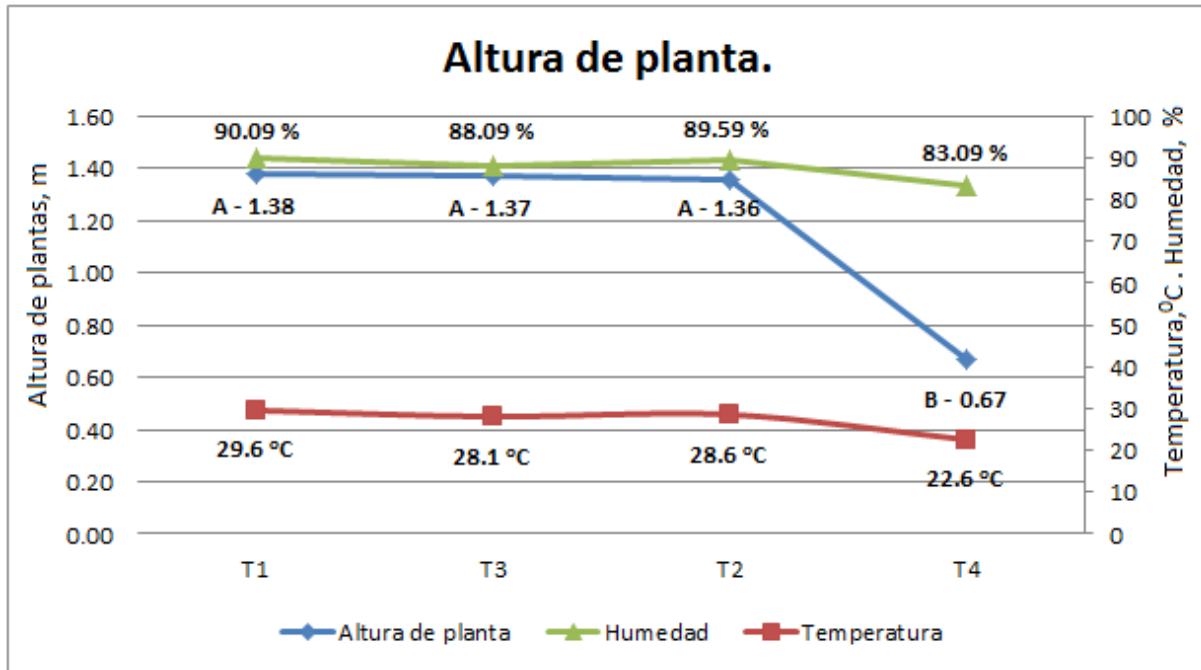
Fuente: Investigación de campo.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)

Como se observa en el cuadro anterior en, los tratamientos que se encuentran bajo condiciones ambientales protegidas con un recubrimiento del 4% UV (T1), las plantas alcanzaron una altura promedio de 1.3756 m, esto es debido a que la cobertura con polipropileno dispersa los rayos de longitud de onda media y larga, creando las condiciones ambientales de desarrollo optimas en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con una temperatura promedio de 29.6 °C y humedad relativa de 90.06%, (Grafica 1.) mejorando el metabolismo y el equilibrio hormonal en las

plantas, incrementando la tasa fotosintética y la absorción de nutrientes, lo que da como resultado, plantas más productivas y vigorosas (Pinto, L. 2000).

Gráfica 1. Efecto de la temperatura y humedad sobre la altura de planta.



Fuente: Investigación de campo.

Lo opuesto sucedió con el testigo sin cobertura (T4) que se encontró bajo condiciones desfavorables con temperatura promedio de 22.6°C y humedad relativa de 83.09%, recibiendo un porcentaje de intensidad con radiación lumínica muy alta que provocó un reducido desarrollo de la planta con una altura de 0.6664 m. (Gráfica 1.). Este efecto es provocado por el estrés por radiación solar que induce un desequilibrio hormonal por foto-oxidación de auxinas en los meristemos apicales inhibiendo el desarrollo óptimo de la planta, este efecto es debido a que el ácido indolacético se oxida no enzimáticamente (sistemas enzimáticos que efectúan su descarboxilación oxidante transformándolo en indol-3-aldehído), sino cuando se expone a luz muy intensa y su foto destrucción puede ser promovido por pigmentos vegetales como la riboflavina que actúa como fotoactivador formando un átomo de oxígeno en un estado excitado (singlete) y da lugar a reacciones de oxidación, siendo las auxinas muy sensibles a la luz, se transforman en compuestos biológicamente inactivos a los que se denomina lumiauxinas. La saturación del

doble enlace en el anillo produce la pérdida de la actividad hormonal en las auxinas. (Biopsicología, 2011)

B) Análisis de varianza del grosor del tallo.

Cuadro 5. Resultados para la variable en grosor del tallo en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

TRATAMIENTO	REPETICION	SEPTIEMBRE (m.)	OCTUBRE (m.)	NOVIEMBRE (m.)	DICIEMBRE (m.)	ENERO (m.)	PROMEDIO (m.)
T1	R1	0.0112	0.0126	0.0129	0.0149	0.0159	0.013536
T1	R2	0.0112	0.0126	0.0129	0.0149	0.0159	0.013509
T1	R3	0.0117	0.0126	0.0129	0.0149	0.0159	0.013543
T1	R4	0.0112	0.0126	0.0129	0.0149	0.0159	0.013508
T2	R1	0.0109	0.0131	0.0141	0.0151	0.0151	0.013578
T2	R2	0.0101	0.0131	0.0141	0.0151	0.0153	0.013546
T2	R3	0.0105	0.0131	0.0141	0.0151	0.0151	0.013569
T2	R4	0.0098	0.0131	0.0141	0.0151	0.0152	0.013552
T3	R1	0.0095	0.0126	0.0146	0.0156	0.0166	0.013781
T3	R2	0.0095	0.0133	0.0153	0.0163	0.0173	0.014038
T3	R3	0.0095	0.0125	0.0145	0.0155	0.0165	0.013706
T3	R4	0.0095	0.0133	0.0153	0.0163	0.0173	0.013964
T4	R1	0.0109	0.0127	0.0137	0.0147	0.0157	0.013425
T4	R2	0.0086	0.0127	0.0137	0.0147	0.0157	0.013362
T4	R3	0.0096	0.0127	0.0137	0.0147	0.0157	0.013296
T4	R4	0.0105	0.0127	0.0137	0.0147	0.0157	0.013474

Fuente: Investigación de campo.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable del grosor del tallo en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Recursos	Gl	SC	CM	F	Pr > F	Sig.
Tratamiento	3	0.000000500	0.000000167	21.90	0.0001	*
Error	12	0.000000091	0.000000008			
Total	15	0.000000592				

CV = 0.6423 %

* = Significativo.

Fuente: Investigación de campo.

De acuerdo al Cuadro 6, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con respecto al testigo para la variable de grosor del tallo, lo que indica que los estabilizadores de rayos UV en la tela no tejida de polipropileno influyeron sobre las características morfológicas de la planta.

Cuadro 7. Análisis sobre la prueba de Tukey para la variable del grosor del tallo en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Tratamiento	Media (m.)	Tukey
T3	0.01387	A
T2	0.01356	B
T1	0.01352	B
T4	0.01339	B

Alpha= 0.05 gl= 12 Mínima Diferencia Significativa= 4.53960

Fuente: Investigación de campo.

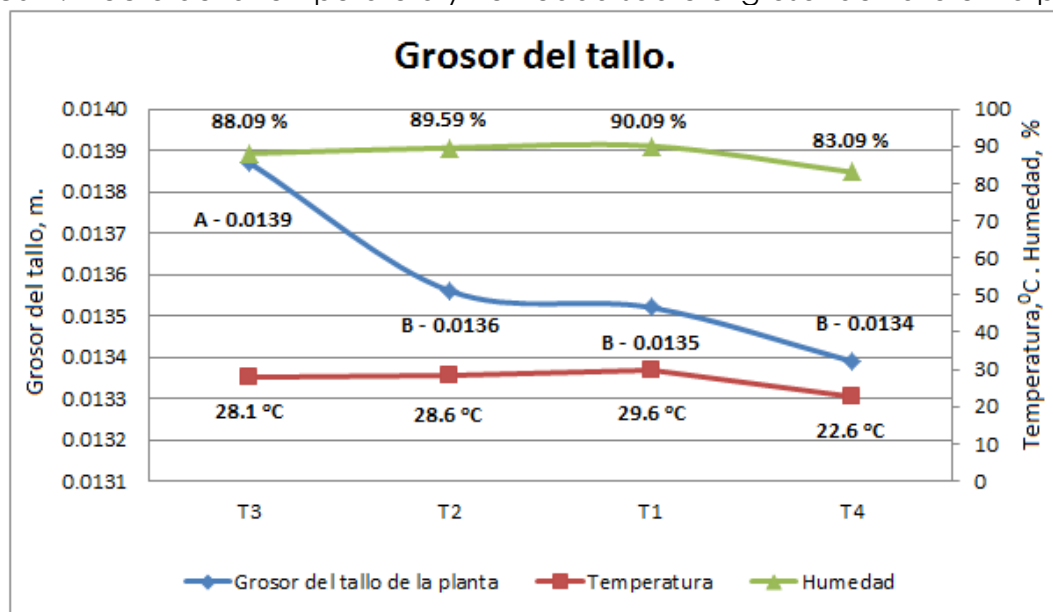
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

De acuerdo con el análisis sobre la prueba de Tukey (Cuadro 7), se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la variable de grosor de tallo, acentuando una diferencia en el cobertor con el 2% UV (T3), expresando en el grosor del tallo con una media de 0.01387 m. mientras que el testigo sin cobertura (T4) presenta 0.01339 m.

El tratamiento 3 presentó mayor diámetro de tallo, con ello se incrementa el número de frutos y en consecuencia el rendimiento, como lo sustenta Moorby (1981), al mencionar que una mayor área de parénquima implica mayor reserva de asimilados como la ribosa y sacarosa que pueden ser utilizados en el fruto en crecimiento, así como una mayor área de xilema y floema posibilita un mayor transporte de agua y nutrimentos hacia los órganos reproductivos. Sanchez. (1997) reportó que áreas altas de floema propician mayores tasas de translocación de agua y nutrientes hacia los frutos por presentar menor resistencia al flujo, facilitando así el crecimiento.

Sin embargo en el cultivo bajo cobertura del 4% UV (T1) presentaba en el área total de tallo y sus diferentes tejidos una reducción de su tamaño, pudieron ser afectados por factores ambientales como la influencia de temperaturas elevadas (>30 °C) en el caso del T1 la planta se desarrolló en promedios de 29.06°C (Grafica 2.).

Gráfica 2. Efecto de la temperatura y humedad sobre el grosor del tallo en la planta.



Fuente: Investigación de campo.

Además el grosor del tallo se reduce al incrementar la intensidad de radiación UV-B en el cultivo sin cobertura como el T4, interviniendo el proceso de la foto oxidación de las auxinas. Además, una menor área de parénquima, puede implicar menor

reserva de asimilados, lo que en condiciones restrictivas, por algún tipo de estrés como es la alta densidad o área foliar (sombreamiento) y estrés por radiación, puede conducir a que estas reservas sean parcialmente re-movilizadas a los frutos en crecimiento (Moorby, 1981).

Otro factor que puede modificar las variables mencionadas es la densidad de plantación, debido a mayor densidad, menor diámetro de tallo, reflejándose también en las áreas de los diferentes tejidos (Sanchez, 1997).

4.2 Análisis de longitud polar y diámetro ecuatorial del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

El tamaño de fruto es un componente importante de su calidad y por lo tanto influye en el precio de mercado.

Cuadro 8. Clasificación de los frutos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Clasificación de los frutos de tomate.		
Clasificación	Largo (m.)	Ancho (m.)
Fruto de primera calidad	0.090 – 0.066	0.050 – 0.046
Fruto de segunda calidad	0.065 – 0.056	0.045 – 0.036
Fruto de tercera calidad	0.055 – 0.045	0.035 – 0.025

Fuente: Investigación de campo.

A) Análisis de varianza en el diámetro ecuatorial del fruto.

Cuadro 9. Promedio para la variable del diámetro ecuatorial del fruto en primera, segunda y tercera calidad, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

TRATAMIENTO	REPETICION	1°. CALIDAD (m.)	2°. CALIDAD (m.)	3°. CALIDAD (m.)
T1	R1	0.07106	0.06254	0.04823
T1	R2	0.07049	0.06243	0.04759
T1	R3	0.07086	0.06196	0.04626
T1	R4	0.07097	0.06017	0.04713
T2	R1	0.07217	0.06058	0.04702
T2	R2	0.07160	0.06091	0.04566
T2	R3	0.07129	0.06076	0.04726
T2	R4	0.07200	0.06057	0.04638
T3	R1	0.07166	0.06253	0.04679
T3	R2	0.07204	0.06203	0.04611
T3	R3	0.07189	0.06156	0.04591
T3	R4	0.07220	0.06089	0.04645
T4	R1	0.07041	0.06149	0.04474
T4	R2	0.07060	0.06199	0.04478
T4	R3	0.07011	0.06123	0.04329
T4	R4	0.07011	0.06033	0.04409

Fuente: Investigación de campo.

Cuadro 10. Análisis de varianza sobre el diámetro ecuatorial en fruto de primera calidad, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Rango de Calidad	Recursos	gl	SC	CM	F	Pr > F	Sig.
1	Tratamiento	3	0.00000023	0.000000077	2.5842	0.1018	NS
	Error	12	0.00000036	0.000000030			
	Total	15	0.00000059				

CV = 0.3843 %

NS = No Significativo.

Fuente: Investigación de campo.

Cuadro 11. Análisis de varianza sobre el diámetro ecuatorial en fruto de segunda calidad, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Rango de Calidad	Recursos	gl	SC	CM	F	Pr > F	Sig.
2	Tratamiento	3	0.00000609	0.0000020	2.1368	0.1488	NS
	Error	12	0.00001140	0.0000009			
	Total	15	0.00001749				

CV = 2.5092%

NS = No Significativo.

Fuente: Investigación de campo.

Cuadro 12. Análisis de varianza sobre el diámetro ecuatorial en fruto de tercera calidad, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Rango de Calidad	Recursos	gl	SC	CM	F	Pr > F	Sig.
3	Tratamiento	3	0.00000329	0.0000010	1.3085	0.3169	NS
	Error	12	0.00001007	0.0000008			
	Total	15	0.00001336				

CV = 3.0792%

NS = No Significativo.

Fuente: Investigación de campo.

Con base al análisis de varianza efectuado, se estableció que no existe diferencia estadística significativa con respecto al diámetro ecuatorial evaluadas al 5% de significancia (Cuadro 10, 11 y 12.), lo que indica que todos los tratamientos reportaron una medida estadísticamente similar, por lo que no fue necesario realizar una prueba de medias. Con la interpretación de los datos estadísticos obtenidos se rechaza la hipótesis alternativa, afirmando que la cobertura con tela sin tejer de polipropileno no influye en las características anatómicas del diámetro ecuatorial del fruto.

B) Análisis de varianza en el diámetro polar del fruto.

Cuadro 13. Promedio para la variable del diámetro polar del fruto en primera, segunda y tercera calidad, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

TRATAMIENTO	REPETICION	1°. CALIDAD (m.)	2°. CALIDAD (m.)	3°. CALIDAD (m.)
T1	R1	0.04528	0.03939	0.03191
T1	R2	0.04526	0.04030	0.02996
T1	R3	0.04516	0.03729	0.02887
T1	R4	0.04499	0.03856	0.02917
T2	R1	0.04505	0.03844	0.03127
T2	R2	0.04484	0.03663	0.03010
T2	R3	0.04473	0.03800	0.03041
T2	R4	0.04523	0.03871	0.02966
T3	R1	0.04496	0.03800	0.03004
T3	R2	0.04464	0.03901	0.02903
T3	R3	0.04492	0.03904	0.03010
T3	R4	0.04504	0.03951	0.02880
T4	R1	0.04533	0.04037	0.02977
T4	R2	0.04521	0.04020	0.02983
T4	R3	0.04499	0.03829	0.02829
T4	R4	0.04507	0.03989	0.02880

Fuente: Investigación de campo.

Cuadro 14. Análisis de varianza sobre el diámetro polar en fruto de primera calidad, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Rango de Calidad	Recursos	gl	SC	CM	F	Pr > F	Sig.
1	Tratamiento	3	0.000007198	0.000002399	29.00	0.0001	*
	Error	12	0.000000993	0.000000083			
	Total	15	0.000008191				

CV= 0.4038 %

* = Significativo.

Fuente: Investigación de campo.

Cuadro 15. Análisis de varianza sobre el diámetro polar en fruto de segunda calidad, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Rango de Calidad	Recursos	gl	SC	CM	F	Pr > F	Sig.
2	Tratamiento	3	0.000003058	0.000001019	1.8487	0.1921	NS
	Error	12	0.000006617	0.000000551			
	Total	15	0.00009676				

CV=1.2099 %

NS = No Significativo.

Fuente: Investigación de campo.

Cuadro 16. Análisis de varianza sobre el diámetro polar en fruto de tercera calidad, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Rango de Calidad	Recursos	gl	SC	CM	F	Pr > F	Sig.
3	Tratamiento	3	0.000020953	0.000006984	15.19	0.0002	*
	Error	12	0.000005517	0.000000460			
	Total	15	0.000026470				

CV=1.47 %

* = Significativo.

Fuente: Investigación de campo.

En la clasificación de 1º y 3º calidad se presentó diferencias estadísticas significativas en el diámetro polar del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en los tratamientos T1 (4%), T2 (3%), T3 (2%) y T4 (Testigo). Lo que indica que los estabilizadores UV en la tela no tejida de polipropileno influyen sobre las características del diámetro polar del fruto (Cuadro 14 y 16). Con base al análisis de varianza efectuado, se estableció que no existe diferencia estadística significativa respecto al diámetro polar del fruto de 2º calidad. (Cuadro 15).

Según (Adams et al. 2001), el número de células en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) depende del desarrollo de la planta, de la relación fuente-vertedero y la posición del fruto, por lo tanto, en el diámetro potencial de frutos

proximales a distales dentro del mismo racimo depende en gran medida del nivel de competencia durante el desarrollo floral. Factores como el tamaño del vertedero (fruto), lo cual se evidencia claramente en el presente estudio al observar el crecimiento diferencial y significativo de cada uno de los frutos que comprenden en los racimos.

Cuadro 17. Análisis sobre la prueba de Tukey en el diámetro polar del fruto de primera calidad en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Tratamiento	Media (m.)	Tukey
T3	0.0719475	A
T2	0.0717650	A
T1	0.0708450	B
T4	0.0703075	B

Alpha= 0.05 gl= 12 Mínima Diferencia Significativa= 0.0006
Fuente: Investigación de campo.

En la selección del fruto de 1º calidad, los primeros frutos tienen mayor ventaja ya que, inicialmente, crecen sin competencia por lo que tienen probabilidad de mantener su desarrollo adecuado reflejado en ganancias de peso y tamaño (Fischer, G. 2,000; Wolf y Rudish. 1,988).

La prueba de Tukey (Cuadro 17) demuestra que el diámetro polar presenta una reducción marcada en el Testigo sin cobertura (T4) de 0.070 m, mientras que el comportamiento de esta variable fue lo contrario para el fruto con cobertura del 2% UV (T3) de 0.071 m, durante el mismo periodo.

Por lo tanto, condiciones que aumenten la fuente o disminuyan la fuerza del vertedero, adelantan la diferenciación del tamaño desde frutos proximales que crecen más rápido y después ejercen mayor competencia contra frutos distales. La temperatura en condiciones de alta radiación se explica por el efecto que tiene sobre la fuerza de vertiente de la planta, demostrando que la tasa potencial de crecimiento del diámetro del fruto a 28.1 °C (T3) es mayor que a 22.6°C (Testigo).

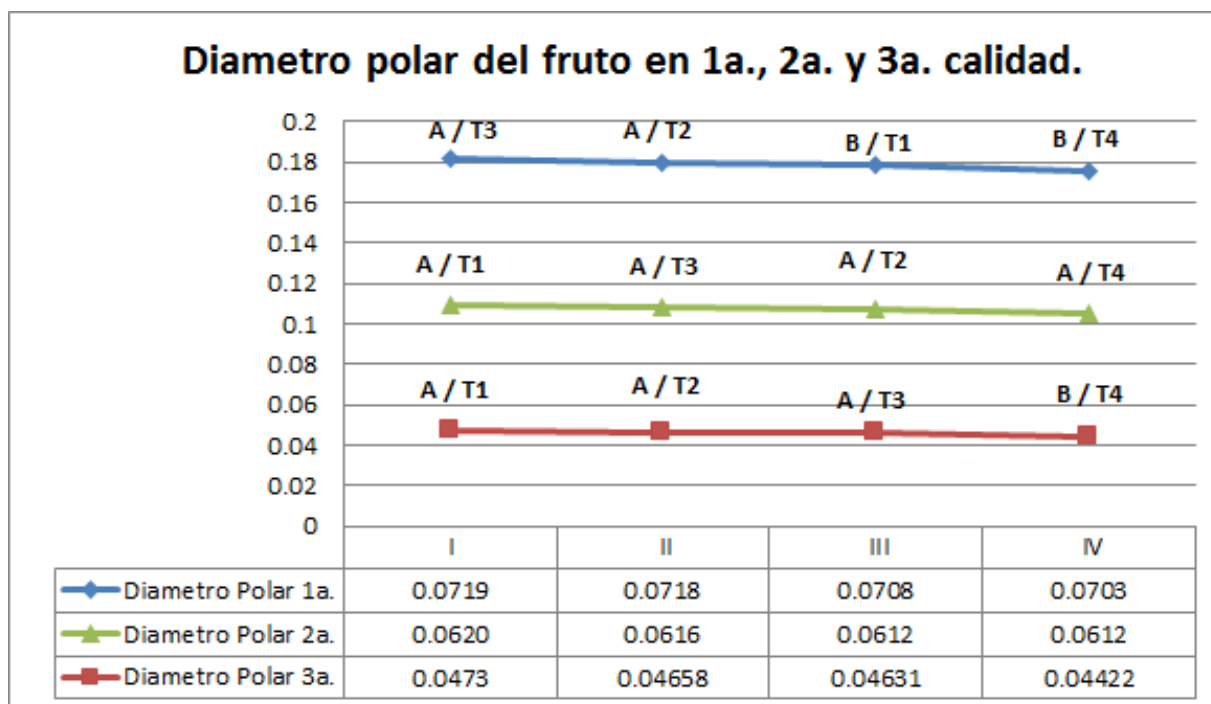
Cuadro 18. Análisis sobre la prueba de Tukey en el diámetro polar del fruto de tercera calidad en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Tratamiento	Media (m.)	Tukey
T1	0.04730	A
T2	0.04658	A
T3	0.04631	A
T4	0.04422	B

Alpha= 0.05 gl= 12 Mínima Diferencia Significativa= 0.00142
Fuente: Investigación de campo.

En la selección del fruto de 2° y 3° calidad, se observó que los parámetros cambian y quien presenta mejores características es el cultivo con cobertura del 4%UV (T1) (Cuadro 18). Siendo el testigo sin cobertura (T4) quien no presenta una calidad competitiva para su comercialización (Grafica 3).

Grafica 3. Análisis de medias en el diámetro polar del fruto de 1°. 2°. y 3°.



Fuente: Investigación de campo.

En este caso el efecto de la temperatura de alta radiación solar tiene efecto sobre la vertiente del fruto, debido a que la tasa de crecimiento es menor a temperaturas que oscilan en 29.6 °C para el cultivo con cobertura de 4% UV (T1). A pesar de esto, se observó una reducción en los valores registrados para el diámetro polar del fruto en el testigo sin cobertura (T4) en el periodo de crecimiento de los frutos a una temperatura de 22.6 °C.

El desarrollo del fruto resulta afectado por la temperatura que influye en su velocidad de respiración y síntesis de almidón. En consecuencia en la velocidad de importación de asimilados, además de afectar la velocidad de síntesis de carotenoides.

Al incrementar la temperatura aumenta la fuerza de vertiente de toda la planta, tanto de las partes vegetativas como de los frutos, pero en este experimento el efecto de la temperatura fue mayor en la fuerza de vertiente de los frutos. Por lo tanto una proporción mayor de los asimilados disponibles fue dirigida a los frutos a 28.1°C en el T3 y el efecto de la temperatura de 29.6°C no fue muy bien asimilado por la fuente para distribuir los asimilados en la vertiente del fruto, reduciendo levemente la calidad del fruto en el T1.

La sacarosa supone el 90 % de los foto-asimilados exportados por la fuente (hoja). Debido a que la demanda de asimilados por el fruto es mayor que ningún otro órgano en crecimiento, tanto la velocidad de exportación como el reparto de los asimilados de carbono en la planta resultan afectados por la velocidad de crecimiento del fruto. (Fischer, G. 2,000; Gonzales, J. 2,001) Hay que mencionar que el fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) reaccionó de manera favorable en el proceso fotosintético a una temperatura de 28.1°C un aumento importante de la fuerza de fuente de toda la planta estimulada por la temperatura. La relación Fuente/Vertedero a 29.6°C es significativamente inferior. Esto tiene consecuencias negativas para el porcentaje de crecimiento del diámetro polar del fruto del racimo.

Además como reportan Casierra-Posada, L. (2007) para un cultivar de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) establecido a campo abierto (Testigo) esta diferencia radica que en esta condición los frutos están sometidos a una mayor deshidratación generada por los factores medioambientales como el viento, la radiación solar directa en longitudes de UV B - UV A y los cambios en la humedad relativa; mientras que en cultivos mantenidos bajo condiciones protegidas que poseen estabilizadores de rayos UV, el ambiente presenta una mayor estabilidad ambiental para los frutos y, por tanto, se previene la deshidratación de los mismos durante las fases tardías de su desarrollo.

4.3 Análisis del rendimiento de fruto en Kg/ha.

Cuadro 19. Sumatoria para la variable de rendimiento del fruto en Kg/ha en primera, segunda y tercera calidad, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

TRATAMIENTO	REPETICION	1°. CALIDAD (Kg/ha.)	2°. CALIDAD (Kg/ha.)	3°. CALIDAD (Kg/ha.)	TOTAL (Kg/ha.)
T1	R1	68393	33405	16744	117738
T1	R2	64967	33807	17386	116965
T1	R3	66828	34647	16773	116705
T1	R4	67854	34167	17836	118180
T2	R1	58943	35111	16301	110355
T2	R2	55163	30594	16951	106937
T2	R3	58581	33556	18545	108807
T2	R4	57614	32373	17763	100640
T3	R1	63853	31657	19725	112047
T3	R2	64613	29842	17984	108748
T3	R3	55872	30942	17010	105129
T3	R4	61926	30022	18907	109931
T4	R1	10040	22207	15171	46540
T4	R2	7087	23624	12521	47426
T4	R3	11930	23469	14411	48474
T4	R4	11281	22886	14500	48430

Fuente: Investigación de campo.

En la prueba de comparación de medias para rendimiento total en Kg/ha, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con respecto al testigo, para la variable de rendimiento en frutos de 1° 2° y 3° calidad (Cuadro 20, 21 y 22). Estableciendo que los diferentes porcentajes de estabilizadores de rayos ultra violeta en polipropileno influyen sobre la planta, afectando el volumen de rendimiento en los tres diámetros de fruto.

Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable de rendimiento en fruto de primera calidad en Kg/ha, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Rango de Calidad	Recursos	gl	SC	CM	F	Pr > F	Sig.
1	Tratamiento	3	8280878262.19	2760292754.06	433.41	0.0001	*
	Error	12	76425004.75	6368750.40			
	Total	15	8357303266.94				

CV = 5.14%

* = Significativo.

Fuente: Investigación de campo.

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable de rendimiento en fruto de segunda calidad en Kg/ha, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Rango de Calidad	Recursos	gl	SC	CM	F	Pr > F	Sig.
2	Tratamiento	3	292633681.69	97544560.56	77.33	0.0001	*
	Error	12	15135937.75	1261328.15			
	Total	15	307769619.44				

CV = 3.73%

* = Significativo.

Fuente: Investigación de campo.

Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable de rendimiento en fruto de tercera calidad en Kg/ha, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Rango de Calidad	Recursos	gl	SC	CM	F	Pr > F	Sig.
3	Tratamiento	3	40377377.50	13459125.83	13.82	0.0003	*
	Error	12	11684584.50	973715.38			
	Total	15	52061962.00				

CV = 5.88%

* = Significativo.

Fuente: Investigación de campo.

En la comparación de medias para el rendimiento total en Kg/ha, se encontró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con respecto al testigo (Cuadro 23). Determinando que existen factores en los que intervienen los diferentes estabilizadores UV sobre el polipropileno, con efecto en la planta para aumentar el rendimiento total del fruto.

Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable de rendimiento en frutos totales en Kg/ha, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Rango de Calidad	Recursos	gl	SC	CM	F	Pr > F	Sig.
Frutos Totales.	Tratamiento	3	12274538278.5	4091512759.5	586.47	0.0001	*
	Error	12	83717456.5	6976454.7			
	Total	15	12358255735.0				

CV = 2.77%

* = Significativo.

Fuente: Investigación de campo.

Cuadro 24. Prueba de Tukey para la variable de rendimiento en frutos de primera calidad, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Tratamiento	Media (Kg/ha)	Tukey	
T1	67,010.50	A	
T3	61,566.00		B
T2	57,575.25		B
T4	10,084.50		C

Alpha= 0.05 gl= 12 Mínima Diferencia Significativa= 5,297.94

Fuente: Investigación de campo.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

Cuadro 25. Prueba de Tukey para la variable de rendimiento en frutos de segunda calidad, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Tratamiento	Media (Kg/ha)	Tukey	
T1	34,006.50	A	
T2	32,908.50	A	B
T3	30,615.75		B
T4	23,046.50		C

Alpha= 0.05 gl= 12 Mínima Diferencia Significativa=2,357.73

Fuente: Investigación de campo.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

En la prueba de Tukey para el rendimiento total, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en el fruto de 1° y 2° calidad, destacando que el cobertor de polipropileno con un estabilizador de rayos ultravioletas del 4%(T1) generó mayor producción en frutos de primera (67,010.5 Kg/ha) y segunda calidad (34,006.50 Kg/ha), mientras que el testigo sin cobertura (T4), se caracterizó por generar la menor producción en fruto de primera (10,084.50 Kg/ha), segunda (23,046.50 Kg/ha) y tercera (14,150.75 Kg/ha).

No obstante, los dos tratamientos restantes presentaron rendimientos que oscilaron entre 61,925.67 - 57,614.20 Kg/ha en fruto de primera calidad (Cuadro 24), en fruto de segunda calidad entre 61,925.67 - 57,614.20 Kg/ha (Cuadro 25), y en fruto de

tercera calidad se observan rendimientos de 32,372.62 - 30,021.99 Kg/ha (Cuadro 26).

Cuadro 26. Prueba de Tukey para la variable de rendimiento en frutos de tercera calidad, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Tratamiento	Media (Kg/ha)	Tukey
T3	18,406.50	A
T2	17,390.00	A
T1	17,184.75	A
T4	14,150.75	B

Alpha= 0.05 gl= 9 Mínima Diferencia Significativa=2,071.55

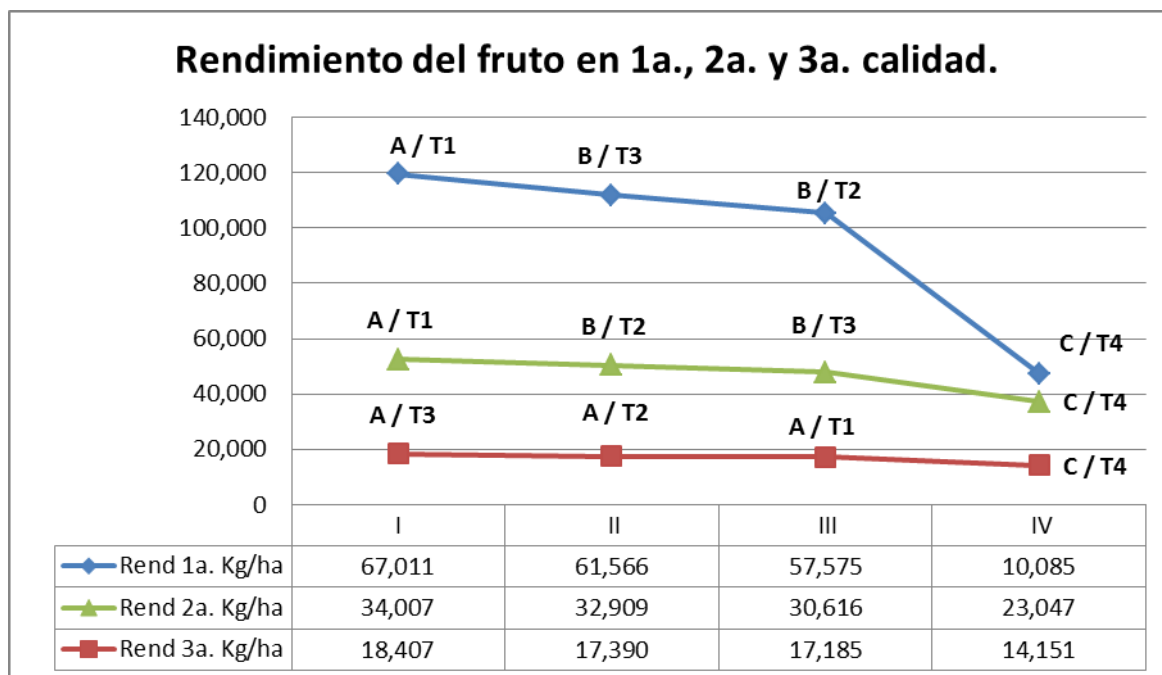
Fuente: Investigación de campo.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El estabilizador de rayos UV del 2% (T3) tuvo un efecto favorable sobre el comportamiento en la producción, aunque no hubo alta cantidad de volumen en fruto de primera calidad, obtuvo gran producción de segunda y tercera calidad, presentando frutos de mayor tamaño en el diámetro polar pero menor producción que el tratamiento con estabilizador del 4% UV (T1).

Además la prueba de Tukey indica junto a los resultados obtenidos, que la producción en el testigo sin cobertura (T4) tiene una producción baja y con frutos de menor tamaño en esta zona (Gráfica 4).

Gráfica 4. Comparativa entre rendimientos del fruto en 1ª, 2ª y 3ª calidad en el fruto en Kg/ha.



Fuente: Investigación de campo.

El rendimiento económico del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) está dado en términos de número de frutos totales cosechados por unidad de área y sus tamaños individuales (Streck et al., 1998). Considerando lo anterior, se realizó un análisis de varianza para el rendimiento en frutos totales.

Cuadro 27. Prueba de Tukey para la variable de rendimiento total del fruto, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Tratamiento	Media (Kg/ha)	Tukey
T1	117,397	A
T3	108,964	B
T2	106,685	B
T4	47,717	C

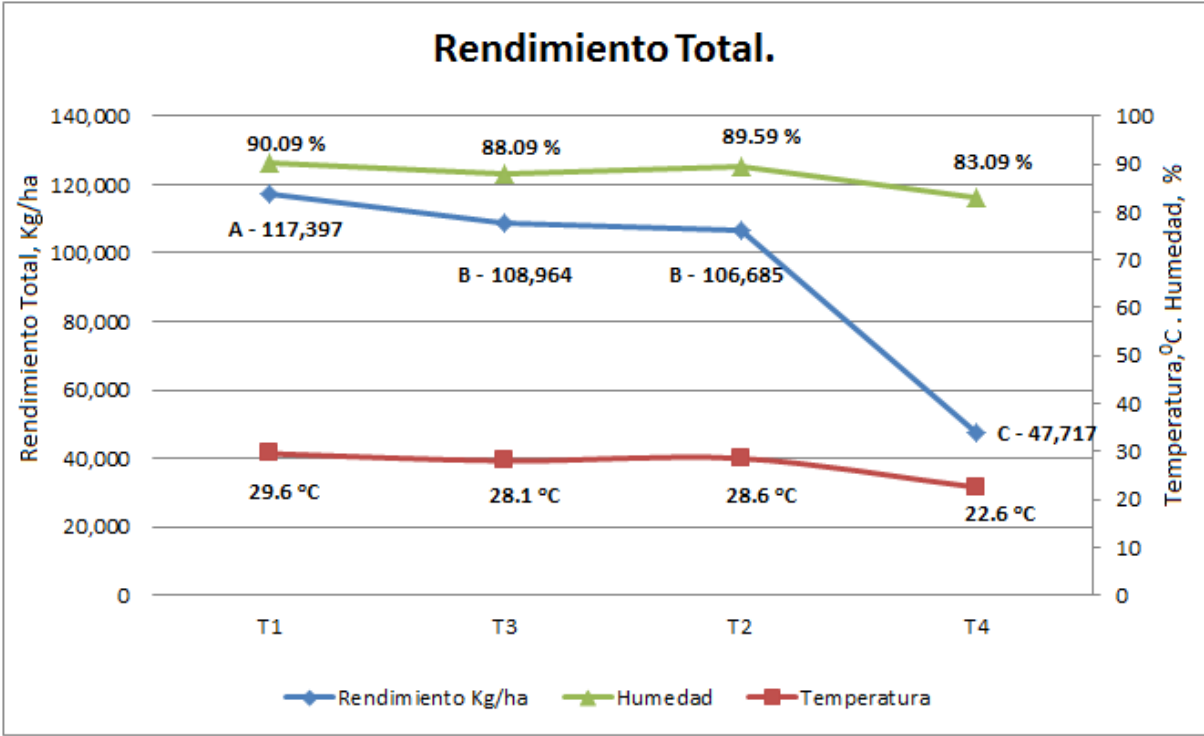
Alpha= 0.05 gl= 12 Mínima Diferencia Significativa= 5,297.94

Fuente: Investigación de campo.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En concordancia se puede decir que las diferencias encontradas entre los tratamientos 1, 2 y 3, en cuanto a cada una de las variables de crecimiento y calidad de fruto son la consecuencia de la expresión genética de la variedad Silverado, bajo condiciones óptimas de desarrollo (Gráfica 5)

Gráfica 5. Efecto de la temperatura y humedad sobre el rendimiento total del fruto en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).



Fuente: Investigación de campo.

El tamaño del fruto es un factor de calidad sumamente importante y debe ser lo más uniforme posible durante todo el ciclo de producción ligado a los altos niveles de producción total. Estableciendo en esta investigación como el mejor tratamiento con la cobertura de polipropileno con estabilizador del 4% UV (T1) con rendimientos de 117,397 Kg/ha, seguido por el 2% UV (T3) con 108,964 Kg/ha, además del 3% UV (T2) con 106,685 Kg/ha y por último el testigo sin cobertura (T4) con 47,717 Kg/ha (Cuadro 27).

Si bien el fenotipo está influenciado por el manejo de producción, temperatura, humedad y dispersión de rayos de longitud de onda media (UV B), por el uso de cobertores de polipropileno que generan un micro clima óptimo para los cultivares.

Esta diferencia radica en el efecto que tiene la intensidad lumínica induciendo a la planta a un estrés de radiación UV-B que inhibe el óptimo desarrollo, disminuyendo la producción primaria, y daños en el aparato fotosintético. Para analizar el rendimiento en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) vamos a apoyarnos en el modelo cualitativo de crecimiento fuente/vertiente. A la cantidad de asimilados disponibles por día para el crecimiento del cultivo la vamos a llamar Fuente. La forma en que la fuente se distribuye entre las vertientes (partición) varía fuertemente a lo largo del ciclo fenológico de un cultivo, o sea que la partición depende del estado de desarrollo del cultivo. En otras palabras, la fuerza de vertiente es la capacidad potencial de un órgano de acumular o consumir asimilados en un determinado período de tiempo (CH_2O), la fuente proviene de la actividad fotosintética de las hojas. Cuando la disponibilidad de asimilados (Fuente) es limitante por factores externos como la radiación ultravioleta de longitud de onda media el número de vertientes (por ej. frutos) en la planta es afectada seriamente.

En plantas sensibles, la luz UV-B (280-320 nm), como efecto inmediato, deprime la fotosíntesis, además de influir en su anatomía, biomasa y nivel de carbohidratos (Tadeo, F.R., 2008) reduciendo el volumen total de producción. La radiación UV penetra entre las células, se absorbe e induce lesiones agudas, a causa de su energía cuántica elevada.

De acuerdo con Tadeo (2000), por una alta radiación solar las plantas sufren estrés cuando las clorofilas de las antenas de los fotosistemas, que se encuentran en las membranas tilacoides de los cloroplastos, absorben más energía lumínica de la que puede utilizarse en el proceso de la fotosíntesis. Este estrés por luz conduce inicialmente a la fotoinhibición de la fotosíntesis que previene las lesiones oxidativas al aparato fotosintético por la generación de especies reactivas del oxígeno (ROS; *reactive oxygen species*) en el fotosistema I (PSI) y II (PSII) (Tadeo y Gómez-Cadenas,

2008). Además, la alta radiación, las temperaturas elevadas y el estrés hídrico, aumentan la fotorrespiración de la planta lo que afecta su productividad debido al consumo considerable de los carbohidratos, fijados en la fotosíntesis (Gómez de Enciso, 2012). El punto de saturación lumínica es característico para cada especie vegetal y es el punto en el cual la planta experimenta la mayor eficacia fotosintética.

La fotooxidación se presenta cuando los pigmentos fotosintéticos son destruidos por la alta radiación, especialmente por la pérdida de funcionalidad de las proteínas D1 (LHCII - *Light-harvesting complex proteins*) que propicia la liberación de las clorofilas, ligadas a estas proteínas (Tadeo y Gómez-Cadenas, 2008). En consecuencia, los tejidos verdes disminuyen su concentración de clorofila presentando una decoloración amarillenta a blanquesina (Kays, 1997). Los tratamientos 1, 2 y 3 reaccionan diferentemente porque no presentaron estrés lumínico a comparación del testigo sin cobertura (T4), que presentó marchitamiento foliar y disminución en el volumen de rendimientos, debido al aumento de la transpiración en los tejidos afectados, esto depende de las condiciones de crecimiento e intensidad y duración de la radiación solar a la cual la planta o el órgano está expuesto, en caso extremo, puede causar su muerte.

4.4 Análisis de grados Brix en el fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

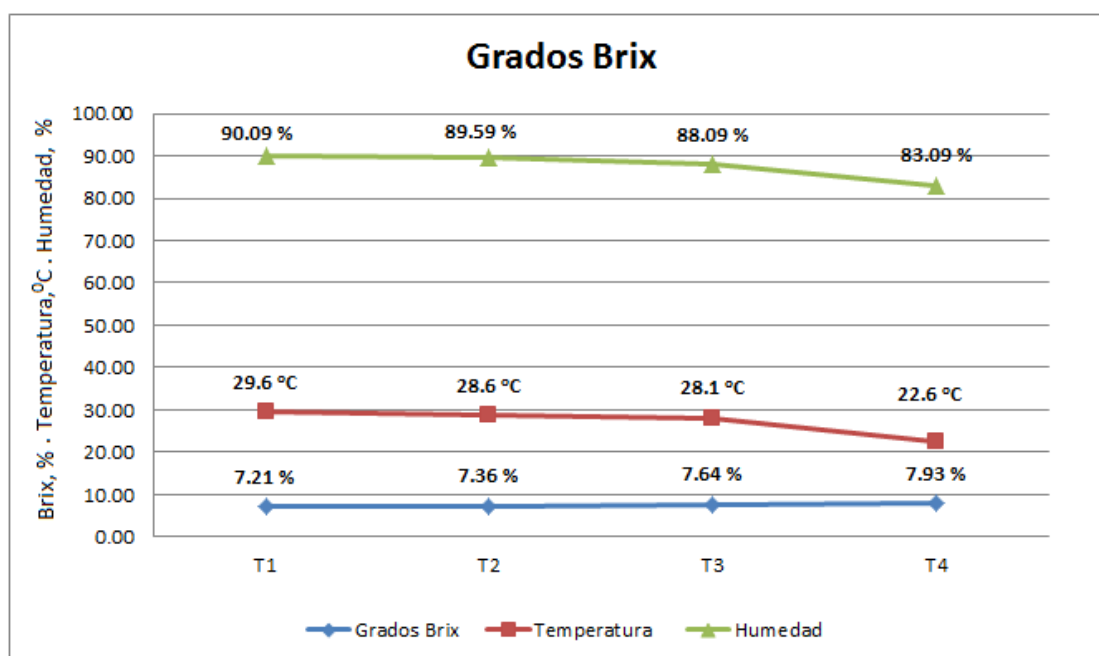
Cuadro 28. Promedio para la variable de grados Brix en el fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

TRAT.	1º. CORTE	2º. CORTE	3º. CORTE	4º. CORTE	5º. CORTE	6º. CORTE	7º. CORTE	PROMEDIO (%)
T1	8	8	7.5	7.5	8	8	8	7.85
T2	7.5	7.5	7.5	8	7.5	8	7.5	7.64
T3	8	8	8	7.5	7.5	7.5	8	7.78
T4	7	7	7.5	7.5	7	7.5	7	7.21

Fuente: Investigación de campo.

En este estudio se observó un leve descenso en los valores registrado para los tratamientos T1, T2 y T3 (Grafica 6). Se observa una diferencia en relación a las concentraciones de sólidos solubles (°Brix) en el testigo sin cobertura (T4) con 7,93 %, y la menor concentración se encuentra en el tratamiento con una cobertura de polipropileno con el 4%UV (T1) con una concentración de 7.21 %.

Gráfica 6. Promedio del porcentaje de grados Brix en el fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.



Fuente: Investigación de campo.

El efecto en el testigo (T4) se observa un incremento en el porcentaje de concentración de sólidos solubles y esto es debido a que el contenido de azúcares está íntimamente ligado a las condiciones de luminosidad que favorece al color, permitiendo una síntesis mayor de pigmentos rojos (antocianinas y licopeno) y transpiración que favorecen a un incremento constante de la concentración de sólidos solubles en los frutos mejorando el índice refractométrico (grados Brix).

Mientras que en el uso de cobertura de polipropileno es altamente dependiente, no solo de la migración de fotosintatos a los frutos, acorde con su poder vertedero, sino también de la toma de agua realizada por los frutos, la cual diluye o concentra los sólidos solubles totales -SST-.

El incremento de SST parece estar asociada con la reducción del contenido de agua en el fruto y al incremento en la acumulación de azúcares solubles. Cuando el almidón se hidroliza para producir azúcares, responsables de la variación en el contenido de sólidos solubles totales durante todo el periodo de crecimiento y desarrollo de los frutos. El azúcar libre proviene principalmente de la glucosa y la fructosa, las cuales se encuentran en concentraciones similares en los frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Por tanto, las plantas cultivadas en campo abierto presentan mayores contenidos en sólidos solubles que aquellos que crecen bajo condiciones ambientales protegidas con estabilizadores de rayos ultravioleta.

4.5 Vida de anaquel en el fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Cuadro 29. Promedio para la variable de vida de anaquel en el fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

TRAT.	REP.	1°. CORTE	2°. CORTE	3°. CORTE	4°. CORTE	5°. CORTE	6°. CORTE	7°. CORTE	PROMEDIO (Días)
T1	R1	30	31	32	31	31	31	31	31
T1	R2	33	32	33	33	34	33	33	33
T1	R3	29	27	29	28	29	27	27	32
T1	R4	36	36	33	35	36	35	35	33
T2	R1	37	38	38	35	37	37	37	38
T2	R2	37	39	38	38	38	37	39	38
T2	R3	40	41	40	40	41	41	40	39
T2	R4	37	38	39	38	39	38	39	38
T3	R1	43	43	41	41	42	43	43	41
T3	R2	39	40	41	41	40	39	41	40
T3	R3	39	39	40	40	40	41	41	40
T3	R4	39	40	40	41	41	40	40	40
T4	R1	44	46	44	45	46	47	47	44
T4	R2	42	43	42	42	41	41	42	42
T4	R3	41	41	41	42	42	42	43	44
T4	R4	44	44	45	45	45	46	45	45

Fuente: Investigación de campo.

Se observó una diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 30) entre tratamientos con respecto al testigo, para la variable de los días de vida de anaquel en el fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Demostrando que los diferentes porcentajes de estabilizadores UV en polipropileno ejercen un efecto diferenciado sobre la vida del fruto en anaquel a comparación de los frutos que se encuentran en el testigo sin cobertura.

Cuadro 30. Análisis de varianza en la variable de días de vida de anaquel, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Recursos	gl	SC	CM	F	Pr > F	Sig.
Tratamiento	3	278.75	92.92	123.89	0.0001	*
Error	12	9.00	0.75			
Total	15	287.75				

CV = 2.24%

* = Significativo.

Fuente: Investigación de campo.

Cuadro 31. Prueba de Tukey para la variable días de vida de anaquel, en el cultivo de tomate (*solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Tratamiento	Media (Día)	Tukey
T4	43.75	A
T3	40.25	B
T2	38.25	C
T1	32.25	D

Alpha= 0.05 gl= 12 Mínima Diferencia Significativa= 1.8180

Fuente: Investigación de campo.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Se observó una diferencia en la prueba de Tukey (Cuadro 31) para los días en vida de anaquel, siendo el testigo sin cobertura (T4) el que extiende a 43.75 días, a comparación de los tratamientos con cobertura de polipropileno en 4% (32.25 días), 3% (38.25 días) y 2% (40.25 días). Considerando que las plantas sin cobertura agrícola tienen una exposición de los frutos a mayor radiación solar, esto aumenta la síntesis de licopeno que contiene propiedades como colorantes y es un antioxidante que tiene efecto de proteger a la planta de daños de oxidación por luz, la manera de neutralizar las toxicidad de oxígenos excitados (singlete) es mediante la presencia de sustancias reductoras (antioxidantes) como el licopeno.

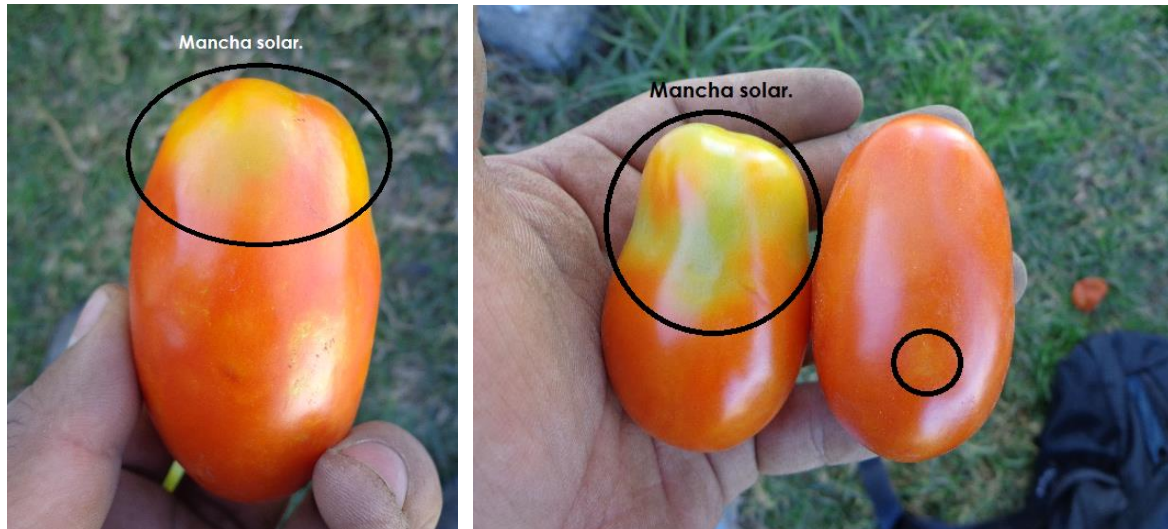
Probando que la combinación de radiación UV influyen en retrasar la descomposición de los frutos por la mayor proporción de compuestos difícilmente degradables, como la lignina, y la menor actividad de microorganismos sensibles a UV-B, además la susceptibilidad de los frutos a la degradación, enfermedades y plagas también podría verse afectada, por la adquisición de características estructurales que dificultasen la penetración de los parásitos y patógenos. Así mismo, la radiación UV-B podría afectar a los propios patógenos.

4.6 Mancha solar en el fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

El típico síntoma es un anillo de tejido alrededor de la cicatriz pedúncular (zona estilar del fruto) que toma un color amarillo (Fotografías 1 y 2). Esta manifestación de la mancha es llamada hombro amarillo (Yellow Shoulder), puede tener un rango de severidad desde solo unos pocos milímetros de ancho en una porción del hombro hasta la tercera parte del fruto, mientras que el resto del tomate presenta una coloración roja normal; lo cual resta la calidad del mismo.

Se determinó que el 20% (9,543.4 Kg/ha) de la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el testigo sin cobertura (T4), presentaron porciones del fruto con una coloración amarilla de tamaño variable en la región peduncular, que continúa algunos milímetros penetrando al interior del pericarpo; este daño ocasionado en la maduración de las zonas afectadas del fruto es debido a un desarrollo anormal en la síntesis de licopeno.

Fotografías 1 y 2. Síntomas de la mancha solar en el fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).



Fuente: Investigación de campo.

El daño causado por la exposición a periodos largos de radiación solar (izquierdo), en comparación con el fruto sano (derecho) con una síntesis normal de licopeno.

Se plantea que la expresión de este desorden, en sus diferentes manifestaciones, puede estar influenciado por factores ambientales, encontrándose entre los más citados la elevada radiación solar (UV B – UV A).

La mancha solar involucra el desarrollo normal del fruto y no es una dilación o retraso de la maduración (López, G. 2002). Este desarrollo anormal puede ser disparado muy temprano en su desarrollo y no es reversible, con el uso de cobertores agrícolas se logra una maduración homogénea en los tratamientos con el uso de estabilizadores UV en concentraciones de 4%, 3% y 2%.

4.7 Longevidad de la tela no tejida de polipropileno como cobertor agrícola, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

El desgaste de los componentes está relacionado con el porcentaje de concentración de los productos que se utilizan como estabilizadores de rayos UV en el polipropileno que funcionan como dispersores y bloqueadores, evitando la reacción química de los radicales que provocan el desgaste del producto.

El efecto de los rayos UV sobre la tela no tejida de polipropileno es la intensidad lumínica en relación con: altitud (1786 msnm) además de factores como la velocidad del viento (3.46 nudos). También es importante recordar que la temperatura ambiente y humedad real (Cuadro 32) acelerarán cualquier efecto que pueda tener el nivel de intensidad y velocidad de degradación del polipropileno.

Cuadro 32. Durabilidad del polipropileno como cobertor agrícola, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Tratamiento	TEM MAX (°C)	TEM MIN (°C)	HUMEDAD (%)	DDP*
T1 (4%)	29.6	12.3	90.09	150
T2 (3%)	28.6	11.8	89.59	140 **
T3 (2%)	28.1	11.8	88.09	100 **
T4(Sin Cobertura)	22.6	9.8	83.09	----

Fuente: Investigación de campo.

* Días de degradación de polipropileno

** Hay que destacar que se reemplazó la tela no tejida de polipropileno degradada en los tratamientos, permitiendo la continuidad de la evaluación de las variables morfológicas.

El uso del polipropileno con estabilizador de rayos ultravioleta 4% presento una durabilidad de 150 días después del trasplante, material que resistió el ciclo completo de producción, a comparación del estabilizador UV del 3% que tuvo una durabilidad de 140 días después del trasplante y el tratamiento con el 2% de UV presento un periodo de durabilidad de 100 días después del trasplante.

Fotografías 3 y 4. Degradación de la tela no tejida de polipropileno por efecto de la radiación ultravioleta en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).



Fuente: Investigación de campo.

Daño causado por la exposición a periodos largos de radiación solar con estabilizadores al 2% UV (T3) (derecha), y comparación entre la degradación del polipropileno al 3% UV (T2) (izquierdo).

4.8 Análisis económico en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

El análisis económico se realizó con base al rendimiento total de todo el tratamiento expresado en kilogramos por hectárea, tomando en cuenta que el precio por kilogramo del fruto en primera calidad en ese momento es de Q 5.73, en segunda de Q. 4.40 y tercera de Q. 3.30. También se determinaron los costos variables por cada tratamiento diferenciados por el precio de la tela no tejida de polipropileno por metro cuadrado. Posteriormente se realizó el cálculo de la tasa marginal de retorno. (CIMMYT. 1988)

Cuadro 33. Análisis de la tasa marginal de retorno, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

TRATAMIENTO	BENEFICIO NETO	COSTOS VARIABLES	TMR	TMR %
4% UV (T1)	Q. 588,912.59	Q. 269,565.15	Q 2.18	218.47
3% UV (T2)	Q. 528,889.49	Q. 262,422.29	Q 2.02	201.54
2% UV (T3)	Q. 546,650.53	Q. 254,327.05	Q 2.15	214.94
Testigo (T4)	Q. 206,353.39	Q. 230,671.00	Q 0.89	89.46

Fuente: Investigación de campo.

Dado el cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR) (Cuadro 33), el análisis de los resultados, mostraron que el tratamiento que logró mayor beneficio económico es el cobertor de polipropileno del 4% UV(T1), debido a que obtuvo una tasa marginal de 2.18, lo que significó la obtención de Q.2.18 por cada quetzal que se invirtió en la producción del cultivo.

5. Conclusiones

De acuerdo al análisis y discusión de resultados obtenidos en la presente investigación se concluyó en lo siguiente:

- 5.1** Las condiciones de temperatura y humedad relativa del macro túnel con cobertura de polipropileno con el 2% UV, mostraron favorecer al desarrollo de la planta con una altura de 1.36 m. y en el grosor del tallo de 0.014 m. Este efecto es debido a que se presentaron las condiciones ambientales óptimas para la síntesis de la hormona auxina estimulando el desarrollo en la planta.
- 5.2** La relación del diámetro transversal en el fruto no presentó diferencia estadística significativa en los tratamientos estudiados, mientras el diámetro polar mostró una leve diferencia destacando que el fruto bajo cobertura de polipropileno con el 2% UV presenta cualidades óptimas en los frutos oblongos con un diámetro polar de 0.072 m. El tamaño que adquiere el fruto se encuentran íntimamente ligado a la posición del fruto en el racimo y la óptima síntesis de ácido indolacético (AIA) que determinan tanto el ritmo del crecimiento como la forma del fruto.
- 5.3** El uso de cobertores con estabilizadores de rayos ultravioleta en 4%, 3% y 2%, es una efectiva estrategia para incrementar los valores agregados del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para los productores, en materia de calidad y uniformidad en la maduración, evitando las manchas solares en el fruto por exceso de radiación ultravioleta en el testigo sin cobertura. Demostrando que un mayor contenido de licopeno en la producción de frutos mejora los estándares de calidad y potencialmente su consumo en el mercado.
- 5.4** Las plantas que se encuentra en el testigo sin cobertura, presenta atributos sensoriales que dotan al fruto con una mayor acumulación azúcares para la agroindustria demostrando concentraciones de 7.92 % °Brix, además de influir en

la extensión de vida de anaquel ya sea para la conservación y/o transformación de frutos.

5.5 En función de la producción, la segunda época comprendida entre los meses de septiembre a enero se obtuvieron los mejores rendimientos. En lo que respecta a la fructificación bajo condiciones ambientales protegidas con el estabilizador del 4% UV en polipropileno con un volumen total de 117,397 Kg/ha. La diferencia entre tratamientos mostró que la temperatura y la humedad relativa tienen una influencia en la actividad Fuente – Vertedero, ejerciendo un efecto directo en la formación de los frutos.

5.6 El análisis de longevidad del polipropileno con el 4% UV, demostró su durabilidad en el ciclo productivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en macro túnel siendo más estable ante las condiciones climáticas, además de que se obtuvieron mayores beneficios económicos en la tasa marginal de retorno (Q.2.18), debido a que la inversión para su construcción influyó significativamente en la rentabilidad del sistema.

6. Recomendaciones

- 6.1 En función del efecto del macro túnel en el desarrollo vegetativo y morfológico, se recomienda a productores la utilización del sistema de cobertura con polipropileno con el 2% UV, durante estas etapas fenológicas del cultivo, en donde se observó un mejor desarrollo de la planta en comparación con los sistemas de producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a campo abierto.
- 6.2 De acuerdo a los resultados obtenidos en el rendimiento y calidad externa del fruto, se recomienda a los productores establecer la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo la cobertura de polipropileno con el 4% UV.
- 6.3 Considerando que el cobertor de polipropileno que presento mayor longevidad en el uso agrícola es el que posee 4% UV, se recomienda el uso en el ciclo del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) logrando reducir el riesgo que corre el agricultor en la producción del cultivo a campo abierto, aumentando los rendimientos y por ende los beneficios económicos.
- 6.4 Utilizando el sistema de producción con cobertura de polipropileno con estabilizadores de rayos ultravioleta se reduce el porcentaje de °Brix y vida de anaquel, se recomienda que se realicen estudios con otras concentraciones de estabilizadores de rayos ultra violeta y diferentes calibres en polipropileno para aumentar la concentración de sólidos solubles y vida de anaquel en el fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

7. Bibliografía

- 7.1 Adams, S.R.; Cockshull, K.E.; Cave C.R.J. (2001). **Efecto de la temperatura en el crecimiento y desarrollo del fruto de tomate**. Trad. Adams, S.R. Estados Unidos Americanos. pp. 88, 869-877.
- 7.2 Ballaré, C. (1996). **Efectos de la radiación ultravioleta sobre las plantas**. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy IFEVA, Facultad de Agronomía UBA. 6 v. N°36. Buenos Aires, Argentina. pp. 3-15.
- 7.3 Belinger, MJ. Monpeour S. y Leeper A. (1991). **Aplicación de pantallas para prevenir el ataque y penetración de insectos en el invernadero en el Mediterráneo**. Trad. Carrillo F. Alasso. Italia. pp. 302-309.
- 7.4 Biopsicología. (2011). **Metabolito indol-3-acetato**. (en línea) Disponible en: <http://web-archive-net.com/page/1276603/2013-01-31/http://www.biopsicologia.net/Nivel-2-Glosario/Metabolito-Indol-3-acetato.html>
- 7.5 BONLAM, MX. (1999). **Cubierta flotante y microtúneles**. México. pp. 52. [Nota Técnica]
- 7.6 Carrasco-Ríos, L. (2009). **IDESIA, Efecto de la radiación ultravioleta-b en plantas**. Chile. 27 v., N° 3. pp. 59-75.
- 7.7 Casados Merida, JC. (2005). **Evaluación de cuatro periodos de cobertura, con una cubierta de Polipropileno, para prevenir la virosis transmitida por la mosca Blanca (*bemisia tabaci* g.), en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en la escuela nacional central de agricultura (ENCA), Barcenas, Villa nueva**". (Tesis Ingeniero Agrónomo). Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).

Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía (en línea).
Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2172.pdf. pp. 35-49.

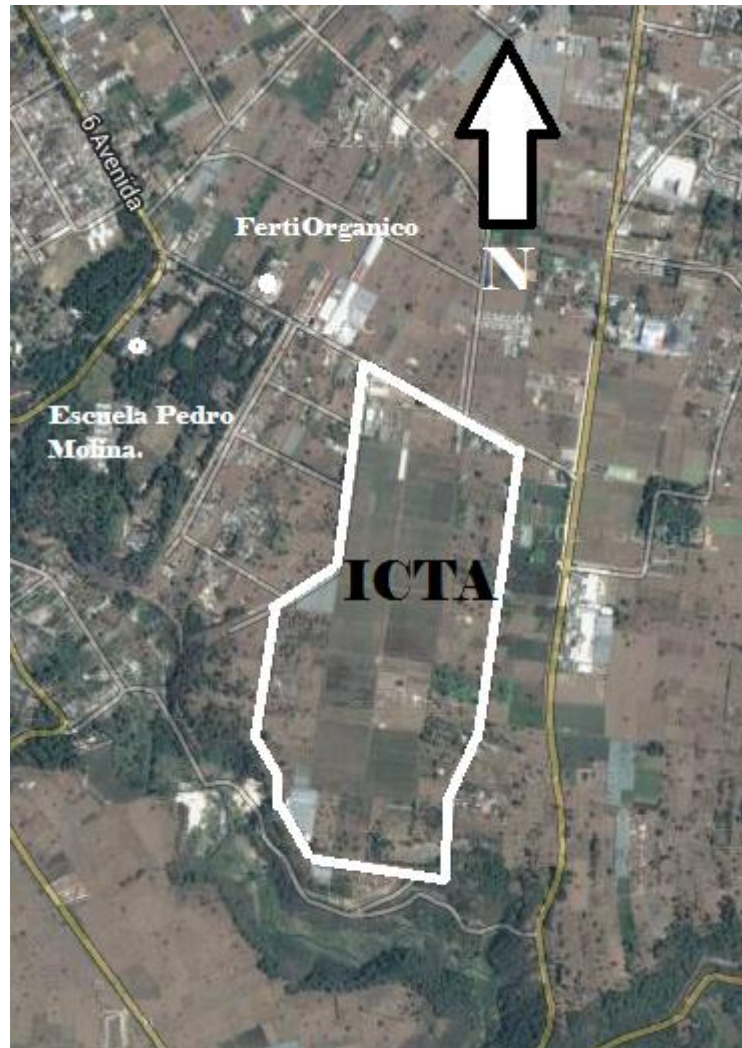
- 7.8** Casierra-Posada, F., M.C. Cardozo y J.F. Cárdenas-Hernández. (2007). **Análisis básico del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Quindío) cultivado a campo abierto**. Villa de Leyva, Colombia. pp. 3, 5-7.
- 7.9** Centro de investigación y mejoramiento de maíz y trigo, CR. (CIMMYT). (1988). **La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica**. México. pp. 30 - 31.
- 7.10** Fischer, G. (2000). **Eco fisiología en el crecimiento del fruto y ambiente tropical**. Trad. Edgar. España, Barcelona. pp. 91-98, 531.
- 7.11** Gonzales, J. (2001). **Efecto de la temperatura, el estrés hídrico y luminoso sobre la heterogeneidad del fotosistema II en cuatro variedades de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Revista Chilena de Historia Natural. 1 v. No. 26. Santiago, Chile. pp. 5-8.
- 7.12** Holdridge, LR. (1978). **Ecología basada en zonas de vida**. San José, Costa Rica. pp. 216.
- 7.13** INFOSTAT. (Ph.D.) Carlos Walter Robledo. (1998). **Software estadístico**. Buenos Aires, Argentina.
- 7.14** Instituto geográfico nacional, Guatemala (IGN, GT). (1980). **Diccionario geográfico de Guatemala**. 4° Tomos. Guatemala. pp. 65.

- 7.15** Instituto de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología, GT (INSIVUMEH) (2,013). **Datos del departamento de Chimaltenango.** Chimaltenango, Guatemala. pp. 35.
- 7.16** Kay, TC. (1986). **Administración agrícola y ganadera; planeación, control e implementación.** República Dominicana. pp. 14.
- 7.17** Kays, S. (1997). **Postharvest physiology of perishable plant products.** Exon Press, Athens, GA. pp. 75-77.
- 7.18** López, G. (2002). **Mancha solar en el fruto de tomate: análisis de carotenoides y estudio histológico.** (Tesis de Licenciatura). Universidad de Málaga, España. pp. 77.
- 7.19** Ministerio de agricultura, ganadería y alimentación (MAGA). (2008). **Programa de apoyo a los agro negocios, tomate (*Solanum lycopersicum* L.).** Guatemala, Guatemala. pp. 1-9.
- 7.20** Ministerio de agricultura, ganadería y alimentación (MAGA). (2008). **Estadísticas de tomate cosechados a campo abierto.** Guatemala, Guatemala. pp. 23.
- 7.21** Moorby, J. (1981). **Transport systems in plants.** Lonman and technical. New York, United Estate. pp. 169.
- 7.22** Nuez, F. (1995). **El cultivo de tomate.** 1ª. Ed. Mundiprensa. Madrid. pp. 224.
- 7.23** Paz Gómez, R. De (2009). **Diseño y Análisis de Experimentos Agrícolas.** 2ª. Ed. Xelaprint, Quetzaltenango, Guatemala. pp. 24.

- 7.24** Pérez, V. (2012). **Informe técnico sobre la tela no tejida de polipropileno -Velo Agrícola-**. Chimaltenango, Guatemala. pp. 1-3.
- 7.25** Pinto, M.; Casa TI, P.; HSU, T.P.; KU, M.S.B.; Edwards, G.E. (2000). **Efecto de la radiación ultravioleta sobre el crecimiento y la fotosíntesis de siete variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.)**. Revista Chilena de Historia Natural. 1v. No. 73. Santiago, Chile. pp. 55-66.
- 7.26** Rodríguez, R. Tavares, R. y Medina, J. (1984). **Cultivo moderno del tomate**. Mundi Prensa Ed. Madrid, España. pp. 206.
- 7.27** Sánchez, Del C. F. (1997). **Valoración de características para la formación de un arquetipo de jitomate apto para un ambiente no restrictivo. Tesis de Doctorado. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad**. (Colegio de Postgraduados). Montecillos, México. pp. 189.
- 7.28** Simmons, C.S.J.M. Tarano Y J.M.; Pinto, J.H. (1959). **Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala**. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala. Ed. Jose De Pineda Ibarra. pp. 1000.
- 7.29** Tadeo, F.R. y A. Gómez-Cadenas. (2008). **Fisiología de las plantas y el estrés**. En: Azcón-Bieto y M. Talón (eds.). Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana de España. España, Madrid. pp. 577-597.

8. Anexo

8.1 Mapa de ubicación del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) sede La Alameda, Chimaltenango.



Fuente: Disponible en, <http://mapasamerica.dices.net/guatemala/mapa.php?nombre=Chimaltenango&id=8935>

8.2 Fotografías tomadas durante el proceso de investigación.

Fotografías 5 y 6. Recolección de muestra para el análisis de suelo.



Fotografías 7 y 8. Preparación del terreno, trazado, nivelación y picado.



Fotografías 9 y 10. Aplicación de materia orgánica y nematicida.



Fotografías 11 y 12. Instalación del sistema de riego por goteo y mulch.



Fotografías 13 y 14. Instalación de arcos y cobertura con tela no tejida de polipropileno.



Fotografía 15. Tela no tejida de polipropileno con estabilizadores de rayos ultravioleta 2%, 3% y 4%.



Fotografía 16. Distribución de tratamientos evaluados con coberturas de polipropileno.



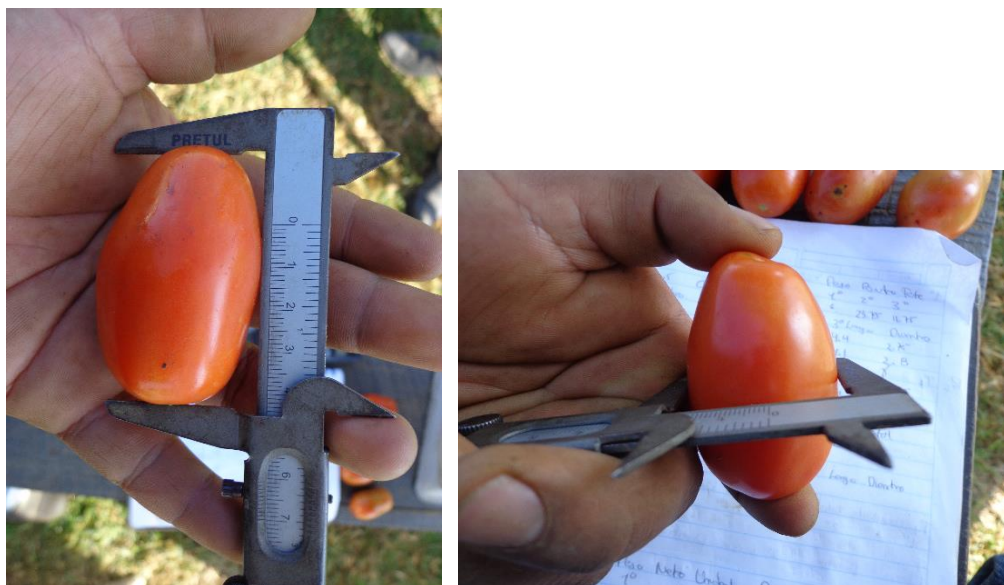
Fotografías 17 y 18. Sistema de inyección de fertilizantes Venturi para el fertiriego.



Fotografías 19 y 20. Toma de datos en altura de planta y grosor del tallo.



Fotografías 21 y 22. Toma de datos en el diámetro polar y transversal del fruto.

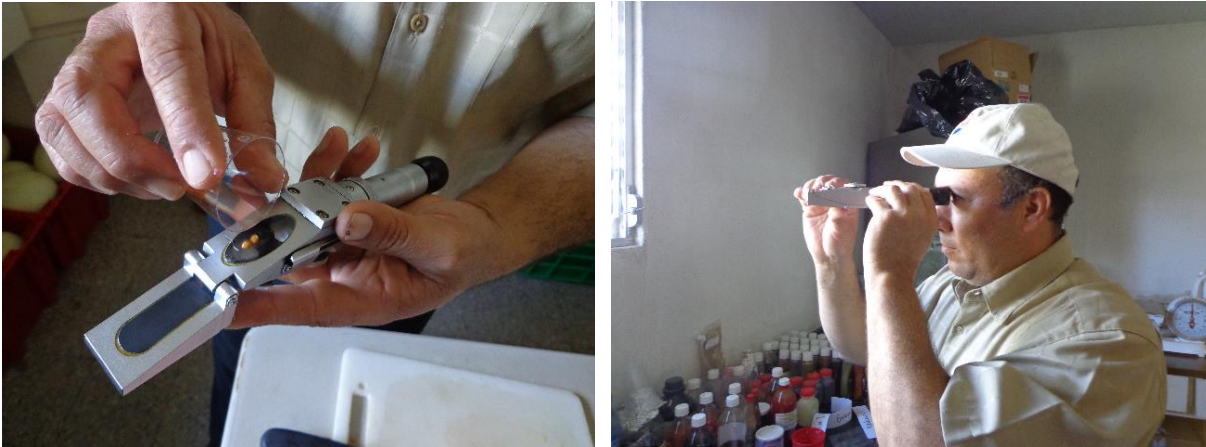


Fotografías 23 y 24. Toma de datos en rendimiento y clasificación del fruto.



	Primera calidad	Segunda calidad	Tercera calidad
T1			
T2			
T3			
T4			

Fotografías 25 y 26. Toma de datos sobre el porcentaje de grados Brix.



Fotografía 27. Determinación de la vida de anaquel en los frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).



8.3 Cronograma

ACTIVIDADES	Septiembre 2013			Octubre 2013				Noviembre 2013				Diciembre 2013				Enero 2014			
Preparación del terreno	■	■	■																
Riego		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Siembra	■				■														
Fertilización					■	■		■			■			■				■	
Instalación de la cubierta de polipropileno en forma de "túnel"				■															
Control de malezas						■		■			■			■				■	
Control de plagas y enfermedades						■		■			■			■				■	
Variables morfológicas																■			
Variables de rendimiento.																	■		
Calidad externa.																	■		
Análisis de estadísticos.																	■		
Determinación de la tasa marginal de retorno																	■		
Análisis de la información																	■	■	
Análisis de varianza (andeva)																	■	■	
Prueba de medias																	■	■	
Análisis gráfico																	■	■	
Elaboración del informe final																	■	■	

Fuente: Investigación de campo.

8.4 Análisis de suelo

ORDEN: 19 - 3262 ANÁLISIS: AS-8
 CLIENTE: VICTOR ESTUARDO PÉREZ COLOP,
 FINCA: LA ALAMEDA
 LOCALIZACIÓN: CHIMALTENANGO CHIMALTENANGO
 CULTIVO: TOMATE



Informe de Resultados de Análisis de Suelos

Identificación de la Muestra	mg/L		Cmol(+)/L		mg/L		Cmol(+)/L		mg/L		mg/L		%	
	pH	Boro	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Aluminio	Cobre	*A.I	Hierro	Manganeso	Zinc	*M.O.
No. Niveles Adecuados -->	5.5-6.8	1-5	10-20	0.2-0.8	4-20	1-5	10-100	0-1	0.1-2.5	0-1.2	2.5-16	1-12	0.2-2	3-6
19159 MUESTRA, ICTA, SECTOR B, PROF. 30 CMS	6.40	0.60	34.12	0.46	2.47	0.68	4.71	0.03	3.54	0.05	32.50	2.55	1.70	2.48

*A.I.= Acidez Intercambiable (Hidrogeno + Aluminio)

*M.O.= Materia Orgánica

*C.S.=Concentración de sales

Identificación de la Muestra	Porcentaje de Saturación en la CICE					Equilibrio de Bases				Nomenclatura
	*CICE	K	Ca	Mg	Al	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	
Muestra Niveles Adecuados >	6-26	4-8	80-80	10-20	0-24.8	6-26	2.6-15	2-5	10-40	Al = Aluminio Mg = Magnesio Ca = Calcio K = Potasio
19159 MUESTRA, ICTA, SECTOR B, PROF. 30 CMS	3.86	12.57	67.49	18.58	0.82	5.37	1.48	3.63	6.85	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></div> = Bajo o Fuera de Rango <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: black; border: 1px solid black;"></div> = Adecuado <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></div> = Alto </div>

*CICE=Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo

Materia orgánica: Método de Walkley y Black

pH: método de potenciometría, relación 1:2.5 - Suelo:Agua

Solución extractante para Acidez Intercambiable y Aluminio con : KCl 1 Normal, metodología por volumetría.

Solución extractante para Azufre y Boro: FOSFATO ACIDO DE CALCIO metodología espectrofotometría visible

Solución extractante para Calcio, Magnesio: KCl 1 Normal, metodología espectrofotometría absorción atómica

Solución extractante para Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc con : DTPA (ácido dietilentriaminopentaoético), metodología espectrofotometría absorción atómica

Solución extractante para Fósforo: OLSEN MODIFICADO, metodología espectrofotometría UV-Visible

Solución extractante para Potasio con : OLSEN MODIFICADO, metodología espectrofotometría absorción atómica

- 1.- Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su impresión ORIGINAL
- 2.- Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.
- 3.- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe
- 4.- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Ing. Humberto Jiménez

8.5 Plan de fertilización

Cultivo: Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) determinado, variedad Silverado.

Área: 504 m²

Plantas: 864

Lugar: ICTA, Sector B, La Alameda, Chimaltenango.

Aplicaciones	DDT	Nitrato de Amonio	MAP	Nitrato de Potasio	Sulfato de Magnesio	Nitrato de Calcio*
	0	0	0	0	0	0
1	7	0.6 lb	2.7 lb	1.5 lb	0	0
2	14	0.6 lb	2.7 lb	1.5 lb	0	0
3	21	0.8 lb	3.0 lb	1.8 lb	1.0 lb	1.7 lb
4	28	3.0 lb	3.1 lb	3.2 lb	2.3 lb	2.1 lb
5	35	6.9 lb	2.8 lb	6.2 lb	2.8 lb	3.5 lb
6	42	6.5 lb	1.2 lb	7.6 lb	3.9 lb	2.3 lb
7	49	5.8 lb	1.2 lb	8.1 lb	3.0 lb	3.2 lb
8	56	5.2 lb	1.2 lb	8.6 lb	2.3 lb	3.9 lb
9	63	5.2 lb	1.2 lb	8.6 lb	2.3 lb	3.9 lb
10	70	4.4 lb	0.9 lb	8.6 lb	3.5 lb	2.8 lb
11	77	4.0 lb	0.8 lb	8.6 lb	3.9 lb	2.3 lb
12	84	4.0 lb	0.8 lb	8.6 lb	3.9 lb	2.3 lb
13	91	4.0 lb	0.8 lb	8.6 lb	3.9 lb	2.3 lb
14	98	4.0 lb	0.8 lb	8.6 lb	3.9 lb	2.3 lb
15	105	4.0 lb	0.8 lb	8.6 lb	3.9 lb	2.3 lb
	TOTAL	59 lb	23.7 lb	98.6 lb	40.5 lb	34.8 lb

Fuente: Investigación de campo.

* Las aplicaciones del Nitrato de Calcio se realizaron de manera aislada.

8.6 Programa fitosanitario, sugerido para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ICTA, finca La Alameda, Chimaltenango.

Días después del trasplante	Actividad	Insumo	Dosis
1 y 6	Aplicación al tallo	Captan 50% (Captan 50WP)	30 gr /Bomba/ 16lt agua
11	Aplicación follaje	Clorotalonilo 50% (Bravo 50SC)	45 cc /Bomba/ 16lt agua
14	Aplicación follaje	Improvaticarb 9% + Propineb 60% (Positron Duo 69WP)	45 gr /Bomba/ 16lt agua
17	Aplicación follaje	Mandipropamid 25% (Revus 25 SC)	30 cc /Bomba/ 16lt agua
20	Aplicación follaje	Thiocyclam- Hydrongen-Oxalate 50% (Evisec 50 SP) + Captan 50% (Captan 50WP)	45 gr /Bomba/ 16lt agua 45 gr /Bomba/ 16lt agua
24	Aplicación follaje	Clorotalonilo 50% (Bravo 50SC)	45 cc /Bomba/ 16lt agua
28	Aplicación follaje	Improvaticarb 9% + Propineb 60% (Positron Duo 69WP)	45 gr /Bomba/ 16lt agua
32	Aplicación follaje	Dimetomorf 9% + Mancozeb 60% (Acrobat MZ 69WP)	45 gr /Bomba/ 16lt agua
34	Aplicación follaje	Thiocyclam- Hydrongen-Oxalate 50% (Evisec 50 SP) + Mandipropamid 25% (Revus 25 SC)	45 gr /Bomba/ 16lt agua 30 cc /Bomba/ 16lt agua
36	Aplicación follaje	Clorotalonilo 50% (Bravo 50SC)	45 cc /Bomba/ 16lt agua
42	Aplicación follaje	Improvaticarb 9% + Propineb 60% (Positron Duo 69WP)	45 gr /Bomba/ 16lt agua
46	Aplicación follaje	Dimetomorf 9% + Mancozeb 60% (Acrobat MZ 69WP)	45 gr /Bomba/ 16lt agua

50	Aplicación follaje	Thiocyclam- Hydrongen-Oxalate 50% (Evisec 50 SP) + Mandipropamid 25% (Revus 25 SC)	45 gr /Bomba/ 16lt agua 30 cc /Bomba/ 16lt agua
58	Aplicación follaje	Clorotalonilo 50% (Bravo 50SC)	45 cc /Bomba/ 16lt agua
60	Aplicación follaje	Improvaticarb 9% + Propineb 60% (Positron Duo 69WP)	45 gr /Bomba/ 16lt agua
65	Aplicación follaje	Dimetomorf 9% + Mancozeb 60% (Acrobat MZ 69WP)	45 gr /Bomba/ 16lt agua
70	Aplicación follaje	Thiocyclam- Hydrongen-Oxalate 50% (Evisec 50 SP) + Mandipropamid 25% (Revus 25 SC)	45 gr /Bomba/ 16lt agua 30 cc /Bomba/ 16lt agua

Fuente: Investigación de campo.

8.7 Promedio de temperatura y humedad dentro de los diferentes tratamientos.

	PROMEDIO DE TEMPERATURAS MAXIMAS				PROMEDIO DE TEMPERATURAS MINIMAS				PROMEDIO DE HUMEDAD			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
SEPTIEMBRE	30.2	29.2	28.7	23.2	14.7	14.2	14.2	12.2	92.59	92.09	90.59	85.59
OCTUBRE	29.7	28.7	28.2	22.7	14.6	14.1	14.1	12.1	92.31	91.81	90.31	85.31
NOVIEMBRE	28.5	27.5	27	21.5	10.3	9.8	9.8	7.8	91.19	90.69	89.19	84.19
DICIEMBRE	29.9	28.9	28.4	22.9	9.6	9.1	9.1	7.1	86.69	86.19	84.69	79.69
ENERO	29.7	28.7	28.2	22.7	12	11.5	11.5	9.5	87.66	87.16	85.66	80.66

Fuente: Investigación de campo.