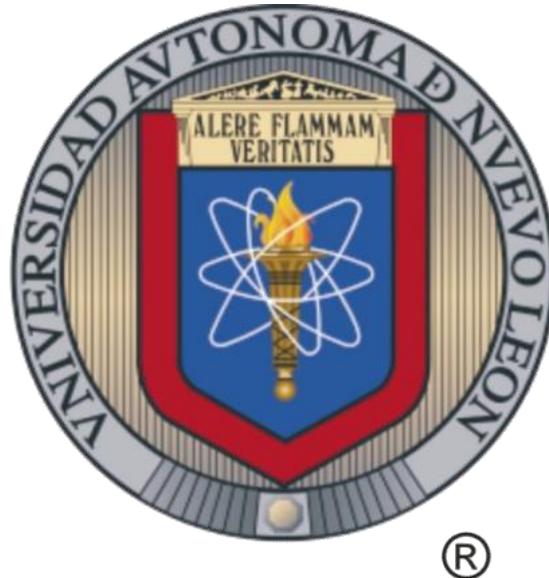


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



TESIS

**EFFECTO DEL ACOLCHADO PLÁSTICO Y ORGÁNICO SOBRE LA
TEMPERATURA DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DE TOMATE EN
INVERNADERO**

QUE PRESENTA

MARCOS MANUEL QUINTERO GONZÁLEZ

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Escobedo, N. L.

Enero 2015

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



TESIS

**EFFECTO DEL ACOLCHADO PLÁSTICO Y ORGÁNICO SOBRE LA
TEMPERATURA DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DE TOMATE EN
INVERNADERO**

QUE PRESENTA

MARCOS MANUEL QUINTERO GONZÁLEZ

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



TESIS

**EFFECTO DEL ACOLCHADO PLÁSTICO Y ORGÁNICO SOBRE LA
TEMPERATURA DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DE TOMATE EN
INVERNADERO**

QUE PRESENTA

MARCOS MANUEL QUINTERO GONZÁLEZ

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL
COMITÉ PARTICULAR COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COMITÉ PARTICULAR

Ph. D. Emilio Olivares Sáenz
Director de Tesis

Ph. D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado
Co Director de Tesis

M. C. Nora Estela García Treviño
Asesor Auxiliar

Dra. Manuela Bolívar Duarte
Asesor Auxiliar

Dr. Ernesto Javier Sánchez Alejo
Subdirector de Estudios de Posgrado

DEDICATORIA

A Dios, quien con su amor incondicional guía cada uno de mis pasos.

A mis padres, Santiago Quintero Sánchez y Minerva González Silvestre. Por todo el esfuerzo y sacrificio que hicieron para que culminara otra etapa más en mi vida. Son un gran ejemplo a seguir.

A mis hermanos, Francisco Javier y Reyes Santiago.

A mis abuelos, Sr. Manuel Quintero[†] y la Sra. Soledad Sánchez[†], Sr. Francisco González[†] y la Sra. Julia Silvestre[†]. Quienes me cuidan desde donde están.

A mis compañeros y amigos de generación, con quienes pasé gratos momentos.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Agronomía de la UANL, por darme la oportunidad de pertenecer a esta institución y permitirme crecer académicamente.

Al Centro de Agricultura Protegida (CAP), por facilitar la infraestructura y materiales para la realización de esta investigación, así como al personal técnico perteneciente al mismo (M. C. Arlette, Ing. Carlos, Chuy, Don Toño, Andrés, Alan, Zahidd y Valeria).

Con gran respeto y admiración, agradezco enormemente al Dr. Emilio Olivares, por el tiempo dedicado en cada una de las etapas de la investigación y por cada uno de los consejos dados, tanto académicos como personales.

A la Dra. Manuelita, quien no dejó de motivarme para empezar y poder concluir esta etapa. ¡Gracias mamá postiza!

Al Dr. Rigoberto y a la M. C. Nora, por ser partícipes en este proyecto al aportar sus observaciones para la mejora de este escrito.

A los integrantes de la casa de los foráneos de agronomía: Edward Espinoza y Félix Varela. Gracias por todo su apoyo.

A Daniel R. Portes, por las desveladas que nos dimos midiendo tomates. Gracias por tu amistad.

A cada miembro de la iglesia Manantial de Vida en especial al grupo de Jóvenes, por hacerme sentir en familia.

Gracias a Dios por la vida de cada uno de ustedes.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xvii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Hipótesis	3
1.2. Objetivos.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Situación Agrícola.....	4
2.2. El Tomate	6
2.2.1. Generalidades.....	6
2.2.2. Propiedades del tomate	7
2.2.3. Requerimientos climáticos y edáficos	7
2.2.3.1. Temperatura.....	8
2.2.3.2. Humedad	8
2.2.3.3. Luminosidad	8
2.2.3.4. Suelo	9
2.2.4. Producción de tomate	9
2.2.4.1. Internacional	10
2.2.4.2. Nacional.....	10

2.2.4.3. Estatal.....	11
2.2.5. Calidad del fruto de tomate	12
2.3. Platicultura	12
2.3.1. Agricultura Protegida.....	13
2.3.2. La Agricultura Protegida en México	14
2.4. Acolchado	16
2.4.1. Acolchado plástico	17
2.4.2. Acolchado orgánico.....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Localización del Experimento	19
3.2. Clima de la Localidad.....	20
3.3. Calidad de Suelo y Agua	20
3.4. Diseño Experimental.....	21
3.4.1. Modelo estadístico	21
3.4.2. Variables evaluadas.....	22
3.5. Establecimiento del Cultivo.....	22
3.5.1. Almacigo	22
3.5.2. Preparación del terreno.....	23
3.5.3. Trasplante	25
3.5.4. Prácticas culturales	25
3.5.5. Tipos de invernadero evaluados	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Experimento 1.....	28
4.2. Experimento 2.....	30
5. CONCLUSIONES.....	35

6. BIBLIOGRAFÍA	36
7. APÉNDICE	42
7.1. Experimento 1	42
7.1.1. Cuadros de análisis de varianza.	42
7.2. Experimento 2.....	45
7.2.1. Cuadros de análisis de varianza	45
7.2.2. Comparación de Medias	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Evolución de la producción agrícola en porcentaje.....	5
Cuadro 2 . Producción mundial de tomate del año 2012.....	10
Cuadro 3. Producción nacional de tomate en el año 2012.....	11
Cuadro 4. Producción de tomate en el estado de Nuevo León (SIAP, 2014).....	12
Cuadro 5. Solución de trasplante	25
Cuadro 6. Comparación de medias de las variables de las variedades Charleston y Róterdam.....	29
Cuadro 7. Comparación de medias de temperaturas del suelo de dos tipos de acolchados y testigo.....	30
Cuadro 8. Medias del diámetro polar y ecuatorial del fruto y peso por fruto en el Experimento 2.	32
Cuadro A1. Análisis de varianza para el peso individual de fruto en el Experimento 1	42
Cuadro A2. Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial del fruto en el Experimento 1.....	42
Cuadro A3. Análisis de varianza para el diámetro polar del fruto en el Experimento 1.....	43
Cuadro A4. Análisis de varianza para los sólidos solubles en el Experimento 1.....	43
Cuadro A5. Análisis de varianza para el rendimiento por planta en el Experimento 1.....	43
Cuadro A6. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 14 de abril de 2013.....	44

Cuadro A7. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 17 de abril de 2013.....	44
Cuadro A8. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 24 de abril de 2013.....	44
Cuadro A9. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 01 de mayo de 2013.....	44
Cuadro A10. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 08 de mayo de 2013.....	45
Cuadro A11. Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial del fruto en el Experimento 2.	45
Cuadro A12. Análisis de varianza para el diámetro polar del fruto en el Experimento 2.	45
Cuadro A13. Análisis de varianza para el peso individual del fruto en el Experimento 2.	46
Cuadro A14. Análisis de varianza para el rendimiento por planta en el Experimento 2.	46
Cuadro A15. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 04 de octubre de 2013.	46
Cuadro A16. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 12 de octubre de 2013.	47
Cuadro A17. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 18 de octubre de 2013.	47
Cuadro A18. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 25 de octubre de 2013.	47

Cuadro A19. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 01 de noviembre de 2013.....	48
Cuadro A20. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 08 de noviembre de 2013.....	48
Cuadro A21. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 15 de noviembre de 2013.....	48
Cuadro A22. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 22 de noviembre de 2013.....	49
Cuadro A23. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 29 de noviembre de 2013.....	49
Cuadro A24. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 06 de diciembre de 2013.....	49
Cuadro A25. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 09 de enero de 2014.	50
Cuadro A26. Comparación de medias de temperatura del suelo para los tratamientos.....	51
Cuadro A27. Comparación de medias de temperatura del suelo para los invernaderos.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Posibles rutas de propagación del tomate en el siglo XVI.....	6
Figura 2. Productos cultivados en agricultura protegida.....	15
Figura 3. Distribución porcentual de las unidades de cultivo protegido en México de acuerdo al tipo de estructura utilizada.	16
Figura 4. Localización del Experimento, Ex Hacienda El Canadá.....	19
Figura 5. Factores y niveles en los Experimentos 1 y 2.	21
Figura 6. Producción de plántula de tomate.....	23
Figura 7. Tipos de invernaderos evaluados.....	27
Figura 8. Dinámica de la temperatura ambiental dentro del invernadero en el periodo del 4 de Octubre de 2013 al 10 de Enero de 2014.	31
Figura 9. Dinámica de las temperaturas del suelo en el periodo del 12 de Octubre de 2013 al 9 de Enero de 2014 en tres tratamientos de acolchado (plástico, paja y testigo).....	34

RESUMEN

El tomate es considerado una de las principales hortalizas consumidas a nivel mundial, pero actualmente no se satisface la demanda de este cultivo, por lo que es necesario implementar tecnologías para incrementar los rendimientos por unidad de área. La temperatura es un importante problema en la producción de tomate, las altas temperaturas del suelo ocasionan daños a la raíz y la absorción de nutrientes se ve afectada. El uso de diferentes tipos de acolchado puede disminuir las fluctuaciones de temperatura del suelo y reducir los daños de la raíz.

En el Estado de Nuevo León se presentan bajas temperaturas en invierno y altas temperaturas en primavera, verano y principios de otoño, por lo que la utilización de acolchados plásticos pudiese mejorar fuertes fluctuaciones de temperatura en el suelo y así mejorar el rendimiento de los cultivos.

Los objetivos del presente estudio fueron evaluar diferentes tipos de acolchado en la producción de tomate bola y cherry, y el efecto en la temperatura del suelo bajo condiciones de invernadero en el Centro-Norte de Nuevo León.

Para el estudio se realizaron dos experimentos. En el Experimento 1 se evaluaron dos tipos de tomate (bola y cherry) y tres tratamientos de acolchado (plástico negro, plástico plateado/negro y sin acolchar). El diseño experimental que se utilizó para este experimento fue uno en bloques al azar con 3 repeticiones; En el Experimento 2 se evaluaron tres tratamientos de acolchado (plástico plateado/negro, paja de sorgo y sin acolchar) en dos tipos de invernadero (gótico e israelita). Para el Experimento 2 se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2x3 con 4

repeticiones. En ambos experimentos la unidad experimental fue de cinco plantas. Las variables que se evaluaron fueron: peso individual del fruto (PIF), diámetro ecuatorial (DE) y polar del fruto (DP), cantidad de sólidos solubles por fruto (SS), rendimiento por planta (R) y la temperatura del suelo a una profundidad de 10 cm.

En el Experimento 1 no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0.05$) para las variables DE, DP y PIF. Entre variedades si hubo diferencia significativa para las mismas variables debido a que son tipos de tomate diferentes, la cantidad de sólidos solubles resultó un 59% más de contenido de solutos en el tomate tipo cherry (7.4°Brix) comparado con los 4.7°Brix del tomate bola. Para la temperatura del suelo se encontró diferencia significativa entre tratamientos de acolchado, siendo el plástico negro el que mantuvo la temperatura más elevada comparada con el tratamiento testigo. En el Experimento 2 los resultados de los análisis de varianza para las variables DE, DP y PIF no mostraron diferencias significativas en ninguno de los factores (tipo de acolchado e invernadero ni en la interacción entre estos), en cambio para el rendimiento por planta si se encontró diferencia estadística para el factor tipo de invernadero, obteniendo 7.25 Kg planta⁻¹ en el tipo israelita y 5.92 Kg planta⁻¹ en el tipo gótico; para esta variable no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos de acolchado o en la interacción tratamientos x invernadero. En los análisis estadísticos de la temperatura del suelo se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, siendo el acolchado plástico el que presentó temperaturas de 0.2 a 2.3 °C superiores a los otros tratamientos

Con los resultados obtenidos se concluye que, el uso de acolchados, plástico o paja, no influyó en el rendimiento de tomate, pero la temperatura del suelo se incrementó en el acolchado plástico.

Palabras clave: tomate bola, tomate cherry, acolchado con paja, tipo de invernadero

SUMMARY

Tomato is one of the main vegetables consumed in the world, but demand of this vegetable is higher than production, therefore new technologies must be implemented to increase yields per unit area. Temperature is a major problem in tomato production; high soil temperatures damage the root and absorption of nutrients is impaired. Different type of mulches may reduce soil temperature fluctuations and reduce root damage.

Nuevo León Mexico has low temperatures in winter and high temperatures in spring, summer and early autumn, therefore the use of plastic or organic mulches may reduce soil temperature fluctuations and thus improve crop yields.

The objectives of this study were to evaluate different types of mulches in the production of beef and cherry tomatoes, and the effect of mulches on soil temperatures, under greenhouse conditions in Nuevo León North Mexico.

For the study, two experiments were performed. In the first experiment two types of tomato (beef and cherry) and three mulches (black plastic, plastic silver/black and unpadding) were evaluated. The experimental design was a completely random design with factorial arrangement of treatments with three replications ; In experiment 2 mulches treatments (silver/black plastic, sorghum straw and unpadding) were evaluated in two types of greenhouses (gothic and Israeli). For Experiment 2 a completely random design with 4 replications in each greenhouse was used. The experimental unit was five plants in both experiments. Variables evaluated were: individual fruit weight (PIF), equatorial (DE) and polar fruit diameter (DP), amount of

soluble solids per fruit (SS), yield per plant (R) and soil temperature at a depth of 10 cm.

In experiment 1, no significant differences between treatments ($p > 0.05$) for the variables DE, DP and PIF were found. Varieties were different for the same variables, as expected due to different types of tomatoes, the amount of soluble solids was 59 % higher in cherry tomatoes (7.4 °Brix) compared ball tomatoes (4.7 °Brix). For soil temperature, treatments showed significant difference between treatments (mulches), black plastic maintained the highest temperature compared to the control treatment. In experiment 2, the results of analysis of variance for variables DE, DP and PIF showed no significant differences in any of the factors (type of mulch and greenhouse or in the interaction between factors), in contrast to the yield per plant where statistical differences were found for greenhouses, obtaining 7.25 kg plant⁻¹ in the Israelite and 5.92 kg plant⁻¹ in the Gothic greenhouse. Statistical analysis showed that soil temperatures were different among type of mulching; the plastic mulch had a higher temperature than straw mulch and control. Results of these experiment conducted to concluded that the use of plastic and straw mulches did not influence the tomato yield, but the soil temperature was increased in the plastic mulch

Keywords: beef tomato, cherry tomato, straw mulch, greenhouse type

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a estimaciones de la FAO, la población mundial se incrementará de 7 200 millones a 9 600 millones de habitantes aproximadamente para el año 2050, como consecuencia del incremento de la población, en los últimos años se ha incorporado considerables extensiones de tierra a la producción agrícola (Santiago *et al.*, 1998). Aunque el incremento de la producción se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción a la superficie cultivada (Monardes, 2009).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L., anteriormente *Lycopersicon esculentum* Mill.), es considerado uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia a nivel internacional por su gran nivel de producción y las divisas que éste cultivo genera en la economía nacional (Arteaga *et al.*, 2006). Los países con mayor producción a nivel mundial en el año 2012 fueron: China, India y Estados Unidos de América con producciones de 50, 17.5 y 13.21 millones de toneladas respectivamente (FAOSTAT, 2014). Para ese mismo año en la República Mexicana se tuvo una producción de 3.43 millones de toneladas posicionándose en el décimo lugar, siendo Sinaloa el principal productor seguido por Baja California y Michoacán, Nuevo León se posicionó en el lugar número 18 (SIAP, 2014).

El uso de acolchado en combinación con sistemas de riego por goteo ha jugado un papel importante en el aumento de la producción de hortalizas, principalmente en la de tomate (Lament, 1993). El uso de acolchado plástico

coextruido tiende a disminuir las fluctuaciones de temperatura del suelo ya que puede disminuir hasta 2°C en los primeros 10 cm de suelo, lo cual promueve un desarrollo radical mayor para una mejor absorción de nutrientes cuando el cultivo se desarrolla bajo condiciones de temperaturas ambientales altas (Ham *et al.*, 1993; Streck *et al.*, 1995). Quezada-Martín *et al.* (2011) reportaron que el uso de acolchado mantiene una temperatura de entre 23 y 25 °C durante el ciclo de cultivo, repercutiendo directamente sobre el rendimiento.

En la partes bajas del estado de Nuevo León el tomate bajo condiciones de invernadero se trasplanta los últimos días del agosto o primeros de septiembre y el ciclo largo termina en mayo o junio; en este período de crecimiento se presentan altas temperaturas dentro del invernadero en los meses de otoño, y primavera y bajas temperaturas en invierno, por lo que el acolchado pudiera disminuir la temperatura del suelo en los meses calientes e incrementarla en los meses fríos, teniendo como consecuencia un mayor desarrollo radical e incrementar la absorción de agua y nutrientes.

1.1. Hipótesis

El uso de acolchado modifica la temperatura del suelo en clima cálido mejorando las condiciones ambientales e incrementando el rendimiento de tomate en invernadero.

1.2. Objetivos

- Evaluar diferentes tipos de acolchado en la producción de tomate bola y cherry bajo condiciones de invernadero en el Centro-Norte de Nuevo León.
- Evaluar el efecto en la temperatura del suelo con acolchado plástico y orgánico bajo condiciones de invernadero.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Situación Agrícola

La agricultura es la principal fuente de ingresos y de trabajo para el 70 por ciento de la población, pero el agotamiento y la degradación del suelo y del agua afectan gravemente la capacidad de cultivar alimentos y otros productos necesarios para sustentar los medios de vida en estas zonas y satisfacer las necesidades de la población urbana (Banco Mundial, 2012).

El incremento de la población mundial sugiere una escasez de alimentos debido a la conversión de tierra agrícola en urbana, por la degradación de los suelos y por otros factores. Entre principios de los años sesenta y finales de los noventa, la tierra de cultivo en el mundo sólo creció el 11 por ciento mientras que la población mundial casi se duplicó. Como resultado de esto, la tierra de cultivo per cápita disminuyó el 40 por ciento, pasando de 0.43 a sólo 0.26 ha (FAO, 2002). A pesar de estas pérdidas, hay pocas evidencias que sugieran que vaya a haber en el futuro escasez de alimentos a nivel mundial debido a que los rendimientos por unidad de superficie se han incrementado como consecuencia del uso de nuevas técnicas agrícolas, tales como la agricultura protegida, la labranza de conservación, la agricultura de precisión, así como el desarrollo de variedades con mayores

rendimientos y avances importantes en sistemas modernos de riego y mejores tecnologías para el combate de plagas enfermedades y malezas.

Resulta relevante identificar la evolución del valor de la producción a nivel de producto, lo cual permite ilustrar los principales cambios que ha enfrentado el subsector agrícola. El Cuadro 1 presenta la estructura del valor de la producción agrícola a nivel de producto, se observa claramente que las categorías de frutas y hortalizas contribuyen con cerca de la mitad del valor de la producción, es decir, estos productos son los que muestran el mayor dinamismo en el campo mexicano.

Cuadro 1. Evolución de la producción agrícola en porcentaje

Categoría	1990	1994	2000	2005
Cereales	15.0	11.9	12.3	11.1
Oleaginosas	2.9	2.0	2.4	2.1
Frutas	23.6	27.1	28.6	29.1
Hortalizas	15.7	14.5	20.0	19.6
Leguminosas	6.7	6.7	4.4	5.8
Café	5.5	4.4	4.3	3.9
Caña de azúcar	8.4	8.3	8.0	7.5
Maíz	17.2	20.9	17.9	19.0
Otros	5.0	4.1	2.0	1.9

En el caso de las hortalizas tuvieron un incremento, pasando de 15.7 a 19.6 por ciento entre los años 1990 y 2005 (Escalante y Horacio, 2008).

2.2. El Tomate

2.2.1. Generalidades

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual, es de origen americano, de la zona Perú-Ecuador, la cual se extendió a América Central y Meridional. La nomenclatura de la planta se deriva de los términos aztecas “tomatl”, “xitomate” y “xitotomate”. En un principio se cree que fue utilizada como planta ornamental. La introducción del tomate a Europa se realizó en el siglo XVI y se sabe que a mediados de siglo XVIII ya se cultivaba con fines alimenticios, principalmente en Italia (Maroto-Borrego, 2002) . En la Figura 1 se muestra las rutas posibles de propagación que siguió el tomate desde su origen.

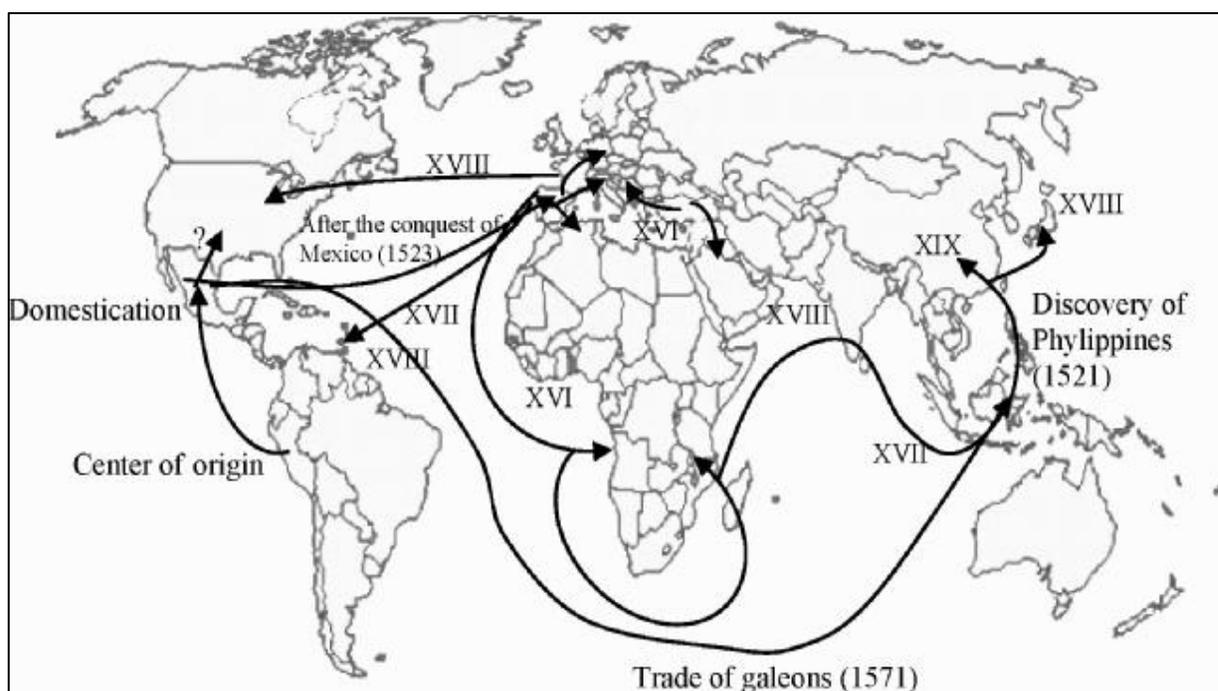


Figura 1. Posibles rutas de propagación del tomate en el siglo XVI.

2.2.2. Propiedades del tomate

El tomate es uno de los vegetales más populares y extensivamente consumidos en la dieta diaria a nivel mundial. Esto se debe a que el consumo regular de tomate disminuye las incidencias de enfermedades crónico degenerativas y ciertos tipos de cáncer (Giovannucci, 1999) y enfermedades cardiovasculares (Pandey *et al.*, 1995).

Un tomate fresco de 150 g contiene 35 calorías y proporciona un 40 y 20 por ciento de vitamina C y vitamina A, respectivamente de la cantidad requerida diaria de ambas vitaminas. El fruto del tomate está compuesto principalmente de agua, con un 94 %, 4 % de carbohidratos, 1 % de proteínas, 0.3 % de cenizas, 0.7 % de otros compuestos (vitaminas, ácidos, entre otros), 0 % de grasas y una serie de micronutrientes como fósforo, calcio, hierro, etc. (Lucier y Jerardo, 2001)

Además, el tomate contiene diferentes moléculas antioxidantes como licopeno, ácido ascórbico, vitamina E y componentes fenólicos, particularmente flavonoides. Estas propiedades han convertido al tomate en uno de los alimentos más estudiados (Frusciante *et al.*, 2007; Dorais *et al.*, 2008).

2.2.3. Requerimientos climáticos y edáficos

El manejo adecuado y de forma conjunta de los factores climáticos para el cultivo es fundamental, ya que todos se encuentran relacionados entre sí y el cambio que sufra uno de ellos influirá sobre el resto.

2.2.3.1. Temperatura

El tomate es una planta termófila, menos exigente en calor que todas solanáceas y cucurbitáceas, no soporta temperaturas por debajo de los 0 °C. Las medias óptimas térmicas que se requieren en temperaturas diurna/nocturna en sus diferentes fases de desarrollo son las siguientes: 18-20°C/18-20°C para germinación; 18-20°C/15°C para desarrollo vegetativo; para floración 22-25°C/13-17°C; para fructificación 25/18°C. A los 10-11°C se presenta su cero vegetativo y temperaturas por arriba de los 32°C pueden provocar aborto de flores y frutos pequeños (Carrera y Box, 2005).

2.2.3.2. Humedad

La humedad relativa que más favorece al desarrollo de la planta de tomate oscila entre el 60 y 70 por ciento; cuando ésta es más alta las anteras se hinchan y el polen no puede ser liberado por lo que no hay polinización. Por debajo del 50 por ciento de humedad la fijación del polen se ve afectada además de que el polen se deshidrata muy rápido. Cuando la humedad está por arriba del 80 por ciento, el desarrollo de enfermedades fungosas aumenta (Velasco-Hernández *et al.*, 2011).

2.2.3.3. Luminosidad

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración y fecundación, así como en el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna/nocturna y la luminosidad.

2.2.3.4. Suelo

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos sueltos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos enarenados.

En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados. El tomate es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego.

2.2.4. Producción de tomate

El tomate se considera como uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia socioeconómica a nivel mundial debido a las diversas formas de consumo. La producción actualmente no satisface totalmente la demanda causada por el espectacular crecimiento de la población mundial, pero las divisas que éste genera son de gran importancia para la economía (Arteaga *et al.*, 2006). El sistema de producción de tomate en invernadero que más se utiliza en Europa, Estados Unidos y México, consiste en el uso de variedades de crecimiento indeterminado (Resh, 2004).

2.2.4.1. Internacional

El cultivo del tomate es una de las especies hortícolas más difundida a nivel mundial. En el año 2012, de acuerdo a datos de la FAOSTAT (2014), se cosechó una superficie total de 4.804 millones de Ha con una producción de 161.79 millones de toneladas. Asia fue el continente que tuvo mayor producción en ese año, debido a que ahí se encuentra China quien tiene el primer lugar en producción de tomate a nivel mundial con 50.13 millones de toneladas (Cuadro 2).

Cuadro 2 . Producción mundial de tomate del año 2012.

Localización	Área cosechada (ha 10³)	Rendimiento (Mg ha⁻¹)	Producción (Mg 10⁶)
Mundo			
África	1010.604	17.75	17.938
América	452.904	54.75	24.798
Asia	2824.757	34.66	97.893
Europa	506.583	40.85	20.693
Oceanía	8.831	53.42	0.472
Total	4803.680	33.68	161.794
Países			
China	1005.003	49.88	50.125
India	870.000	20.11	17.500
EUA	150.140	87.96	13.207
Turquía	300.000	37.83	11.350
Egipto	216.395	39.86	8.625

2.2.4.2. Nacional

En México el tomate es considerado como la segunda especie hortícola más importante por la superficie sembrada y como la primera por su valor de producción. En el año 2013 de acuerdo al SIAP (2014), la producción fue de 2.694 millones de

toneladas siendo Sinaloa el principal productor, seguido por Baja California y Zacatecas con un 36.49, 7.29 y 5.34 por ciento del total nacional respectivamente, en ese año Nuevo León se posicionó en el lugar número 19 con el 1.16 por ciento de la producción (Cuadro 3).

Cuadro 3. Producción nacional de tomate en el año 2012.

#	Estado	Superficie Sembrada (ha)	Producción (Mg)	Rendimiento (Mg ha ⁻¹)	Producción (%)
1	Sinaloa	15,362.14	983,288.14	64.42	36.49
2	Baja California	2,784.50	196,452.90	70.60	7.29
3	Zacatecas	2,895.72	143,905.20	50.09	5.34
19	Nuevo León	483.43	31,349.50	65.39	1.16
	Los demás	26,708.22	1,339,362.45	60.27	49.71
	Total	48,234.01	2,694,358.19	57.21	100.00

2.2.4.3. Estatal

En el estado de Nuevo León se tuvo una superficie cosechada de 479.43 ha en el año 2013, de las cuales el 97 por ciento de la producción está en solo tres municipios (Cuadro 4), siendo el principal productor el municipio de Galeana con rendimientos promedio de 242.2 Mg ha⁻¹ y Cadereyta con rendimientos bajos (26.74 Mg ha⁻¹), debido a que su sistema de producción es a cielo abierto. En los municipios de Galeana y Aramberri se encuentran los Tecno-Parques en los cuales se cuenta con producción bajo invernadero.

Cuadro 4. Producción de tomate en el estado de Nuevo León (SIAP, 2014)

Municipio	Producción (Mg)	Producción (%)	Rendimiento (Mg ha⁻¹)
Galeana	12,352.0	39.4	242.2
Cadereyta de Jiménez	10,294.0	32.8	26.74
Aramberri	7,726.0	24.6	209.21
Linares	920.0	2.9	153.33
Rayones	57.5	0.2	115.0
Total	31,349.5	100	

2.2.5. Calidad del fruto de tomate

El concepto de calidad en general es muy complejo, desde el punto de vista práctico comercial. La calidad se puede entender como “un conjunto de propiedades y características de un producto, bien o servicio, que le confiere la aptitud para satisfacer necesidades declaradas por los usuarios” (Corrales, 2005). En el tomate la calidad depende del tamaño, forma, coloración y sabor de los frutos, así como de la sanidad del mismo; en general, los tomates que se producen en invernadero tienen una mayor calidad que los que se producen en campo abierto.

2.3. Plasticultura

Los plásticos son materiales sintéticos generalmente compuestos por moléculas orgánicas con un elevado peso molecular los cuales se conocen como monómeros. Los monómeros reaccionan entre ellos en un proceso llamado

polimerización como resultado del cual se obtienen los polímeros, también llamados plásticos.

La Sociedad Americana de Plasticultura, define plasticultura como "el uso del plástico en la agricultura", lo que incluye a las películas plásticas para acolchado, plásticos para invernaderos, túneles, cinta de riego por goteo, bolsas de ensilaje, macetas, bandejas y charolas de plástico utilizados para la producción de plántulas, etc. (Lamont y Orzolek, 2004).

Hussain y Hamid (2003) reportaron que el consumo mundial de plásticos en la agricultura y áreas relacionadas representan 2.48 millones de toneladas al año. Lawrence (2007) mencionó que el consumo estimado de plásticos agrícolas en los EE.UU. ha aumentado de manera constante de 235.41 millones de Kg en 1994 a 385.55 millones de Kg en 1998 y 453.59 millones de Kg en 2001.

2.3.1. Agricultura Protegida

La SAGARPA (2012) define la agricultura protegida como aquella que se realiza bajo métodos de producción que ayudan a ejercer determinado grado de control sobre los diversos factores del medio ambiente. Permitiendo con ello minimizar las restricciones que las malas condiciones climáticas ocasionan en los cultivos.

El invernadero modifica el clima para proteger los cultivos contra sus efectos adversos con el fin de mejorar su productividad. Algunos invernaderos mejoran las

condiciones ambientales utilizando aportes energéticos externos, que permiten cultivar plantas en lugares y épocas del año donde las condiciones climáticas imposibilitan o limitan su desarrollo. Otros invernaderos son pasivos y su función consiste en modificar determinadas variables climáticas adversas como: radiación solar, lluvia, viento, granizo y otros. Estos invernaderos pueden actuar como colectores solares, cortavientos, paraguas, sombreros, etc. dependiendo del factor o factores de los que quiere proteger al cultivo. Tanto en unos como en otros, las prácticas de cultivo y las variedades utilizadas difieren de las que se utilizan en los cultivos al aire libre. Los ciclos de cultivo, por lo general, se realizan en función de las expectativas de mercado, pasando a un segundo plano las exigencias climáticas de la región (Díaz *et al.*, 2001).

2.3.2. La Agricultura Protegida en México

Los primeros invernaderos con fines de producción comercial agrícola aparecieron en los años 70, teniendo como objetivo la producción de plántula para luego venderla a los productores de hortalizas a campo abierto, principalmente en la región norte y centro del país. Estos invernaderos fueron importados, en su mayoría de Holanda, Israel, España, Canadá y Francia, instalándose en las regiones costeras para después irse desplazando hacia las zonas elevadas. A partir de los 80's los floricultores adoptaron la tecnología de invernaderos con diseños provenientes de Israel y Colombia. En el periodo de 1985-1990 es cuando los invernaderos pasan a formar parte de la producción de hortalizas y flores. El tomate es uno de los

principales cultivos producidos en agricultura protegida, cubriendo el 70%, seguido del chile morrón (16%), pepino (10%), y el 4 % de otros cultivos como la fresa, mora, rosa, etc. (Figura 2) (AMCI, 2008).

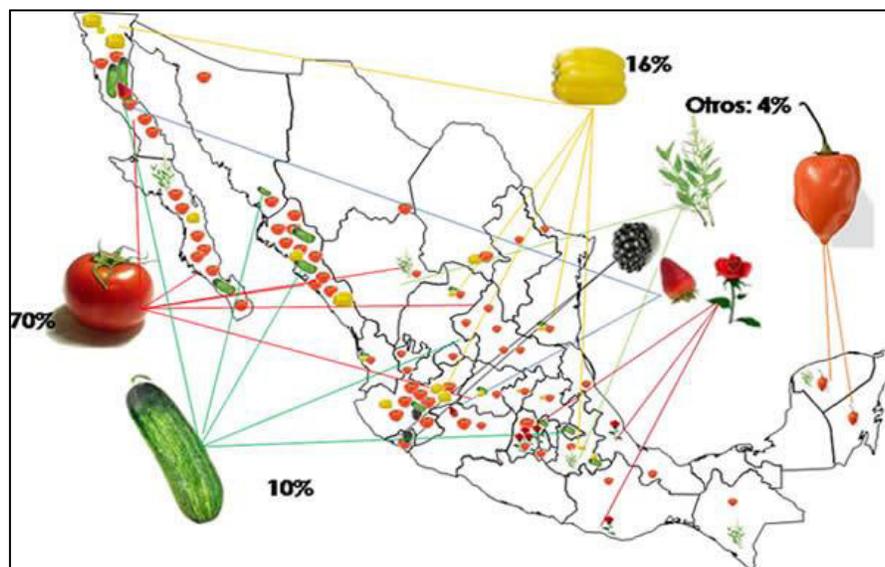


Figura 2. Productos cultivados en agricultura protegida.

En México desde mediados de los años 90, la horticultura en invernadero tuvo un ritmo acelerado de crecimiento. En el año 2009 se estimó una superficie de alrededor de 10,000 ha, de las cuales 60 % eran invernaderos de plástico, 34 % de casa sombra y 4 % invernaderos de vidrio (Macías–Duarte *et al.*, 2010). En el año 2012 se tuvo registro de 19,985 unidades de cultivo protegido; según un informe del SIAP en el año 2013 (Figura 3) se registraron 13,190 invernaderos, 2,198 macrotúneles, 1998 casas sombra, 1000 microtúneles, 1000 techos sombra y 600 pabellones.

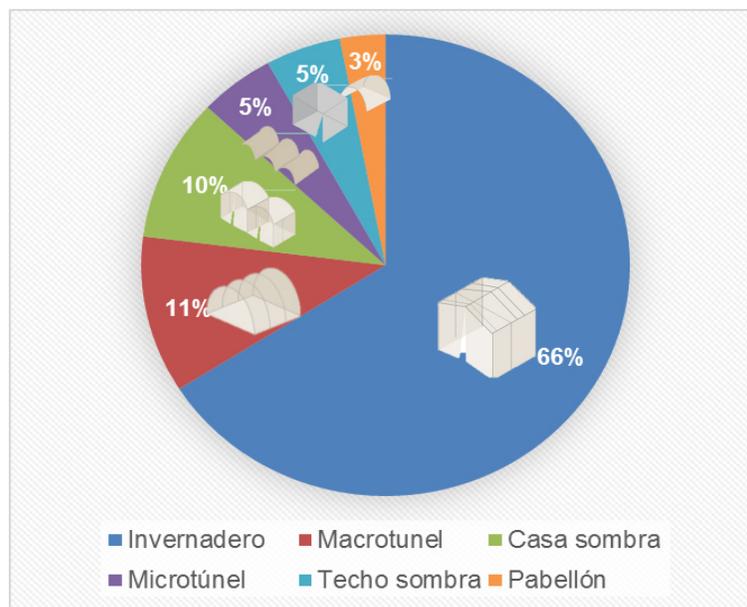


Figura 3. Distribución porcentual de las unidades de cultivo protegido en México de acuerdo al tipo de estructura utilizada.

La agricultura protegida está presente en las 32 entidades federativas, con una extensión superior a las 21 000 ha, con una producción aproximada de más de 3.5 millones de toneladas de hortalizas, llegando a tener un valor superior a los \$18,000 millones MN.

La horticultura protegida ha tenido un crecimiento sostenido cercano a las 1,200 hectáreas por año, y del total de la superficie protegida, el 50 por ciento se concentra en solo tres estados: Sinaloa, Jalisco y Baja California con porcentajes de 22, 15 y 12 % respectivamente (AMHPAC, 2014).

2.4. Acolchado

El acolchado consiste en extender sobre el suelo cualquier tipo de material, los más utilizados tradicionalmente se clasifican en dos grupos: inorgánico y orgánico, su

utilización es con el fin de mejorar la temperatura en la zona radical de la planta y mantener la humedad del suelo (López-Gálvez y Losada-Villasante, 2006).

Los materiales inorgánicos incluyen varios tipos de piedras (volcánica, gravas), arena, plásticos, geotextiles, entre otros. En general los acolchados inorgánicos tardan mucho tiempo en descomponerse por lo que no necesitan ser reinstalados con frecuencia (González, 2004). Los más utilizados en cultivos hortícolas son los de material plástico (McCraw y Motes, 1991).

Los materiales orgánicos pueden ser astillas o virutas de madera, hojas de pino, corteza de árboles, cáscaras de cacao, hojas, paja, papel, acolchado mixto y una gran variedad de otros productos generalmente derivados de los restos vegetales de las plantas cultivadas. Los acolchados orgánicos se descomponen a diferentes ritmos dependiendo del tipo de material y las condiciones ambientales, los acolchados que se descomponen con mayor rapidez se tienen que reponer con más frecuencia (González, 2004).

2.4.1. Acolchado plástico

Los productores de hortalizas han empleado el uso de acolchados plásticos para cubrir el suelo de sus cultivos y así incrementar o disminuir la temperatura del suelo, reducir el crecimiento de las malas hierbas, la evaporación de agua, la erosión del suelo por el viento o el agua, la lixiviación de fertilizantes, especialmente en suelos ligeros y arenosos, además de prevenir el desarrollo de enfermedades de las plantas provenientes del suelo y la reducción de ciertos insectos plaga, incrementos

del rendimiento de los cultivos y un uso más eficiente de los nutrientes del suelo. (Green *et al.*, 2003; Scarascia-Mugnozza *et al.*, 2006)

El uso de acolchado plástico (polietileno de baja densidad) en la agricultura se ha incrementado dramáticamente en los últimos años en todo el mundo, llegando en el 2006 a utilizarse hasta 700 mil Mg.año⁻¹ (Espí *et al.*, 2006). El aumento en el uso de acolchado plástico se debe a los beneficios que aporta.

En cuanto al material, espesor y color, se utilizan diferentes tipos de plásticos que varían dependiendo del objetivo de su uso, cultivo y región. El ancho del plástico utilizado en los acolchados varía generalmente de 0.9 a 1.5 m; en cuanto al espesor, al principio se utilizaba láminas de mayor espesor (entre 30 y 50 micras), pero en la actualidad es común el uso de láminas más finas de unas 15 micras (Gutierrez-Lopez *et al.*, 2003).

2.4.2. Acolchado orgánico

Acolchar con material orgánico favorece el desarrollo y la actividad de microorganismos que se encuentran en el suelo, a la vez, ayuda también a mantener una temperatura constante para garantizar su actividad (Infante, 2004). La dinámica de los procesos de descomposición de los materiales orgánicos, su acción residual y el aporte de elementos fertilizantes dependen de un conjunto de variables, tales como la naturaleza del producto, las características del suelo, las poblaciones de organismos y su actividad, así como las condiciones climáticas (Matheus *et al.*, 2007).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del Experimento

La investigación se llevó a cabo en los invernaderos del Centro de Agricultura Protegida (CAP) de la Facultad de Agronomía, Campus de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el municipio de General Escobedo, N. L. La institución se encuentra localizada a una latitud de $25^{\circ}45'$ N y una longitud de $100^{\circ}17'$ O su altitud es de 427 msnm (Figura 4). El clima de la región es semiárido con una temperatura media anual de 23°C (INEGI, 2014).



Figura 4. Localización del Experimento, Ex Hacienda El Canadá.

3.2. Clima de la Localidad

El clima de General Escobedo se puede situar entre los climas secos, asociado al tipo de vegetación de los matorrales espinosos y desérticos. La mayor parte del territorio está catalogado como sub-tipo seco cálido con lluvias en verano; la precipitación invernal es de entre 5 a 10.2 % con respecto al total anual que oscila entre los 400 y 600 mm; la mayor parte del Municipio presenta una temperatura media anual que fluctúa entre los 22 y 24°C; en cuanto a humedad, es bastante baja y se deriva de los factores antes mencionados y de la influencia de vientos secos en la zona, esta sequedad es un poco suavizada por los vientos alisios que le proporcionan humedad en cierta medida; la frecuencia de heladas es de 0 a 20 días al año y el granizo es un fenómeno bastante distante de presentarse de 0 a 2 días al año (INAFED, 2014).

3.3. Calidad de Suelo y Agua

Para conocer las características del suelo donde se establecieron los experimentos, así como las del agua con la que se irrigaron las plantas, se colectaron muestras y se enviaron al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León para su análisis. La textura del suelo se clasifica como arcillosa, ya que tiene 19.54 por ciento de arena, 25.28 por ciento de limo y 54.88 por ciento de arcilla. La conductividad eléctrica (CE) es de 6.8 dS.m⁻¹ por lo que es un suelo salino. En cuanto a la calidad del agua, se tiene una CE de 2.5 dS.m⁻¹ y un pH de 7.1, la cual tiene niveles altos de sales.

3.4. Diseño Experimental

3.4.1. Modelo estadístico

Para el estudio de los efectos del acolchado sobre el rendimiento de variedades de tomate en invernadero se realizaron dos experimentos. En el Experimento 1 se evaluaron dos tipos de tomate (bola y cherry) y tres tratamientos de acolchado (plástico negro, plástico plata/negro y sin acolchar). El diseño experimental que se utilizó para este experimento fue un completamente al azar con arreglo factorial 2x3 con 3 repeticiones (Figura 5a); En el Experimento 2 se evaluaron tres tratamientos de acolchado (plástico plateado/negro, paja de sorgo y sin acolchar) en dos tipos de invernadero (gótico e israelita). Para el Experimento 2 se utilizó un diseño de bloques al azar en cada invernadero con 4 repeticiones (Figura 5b). En ambos experimentos la unidad experimental fue de cinco plantas.

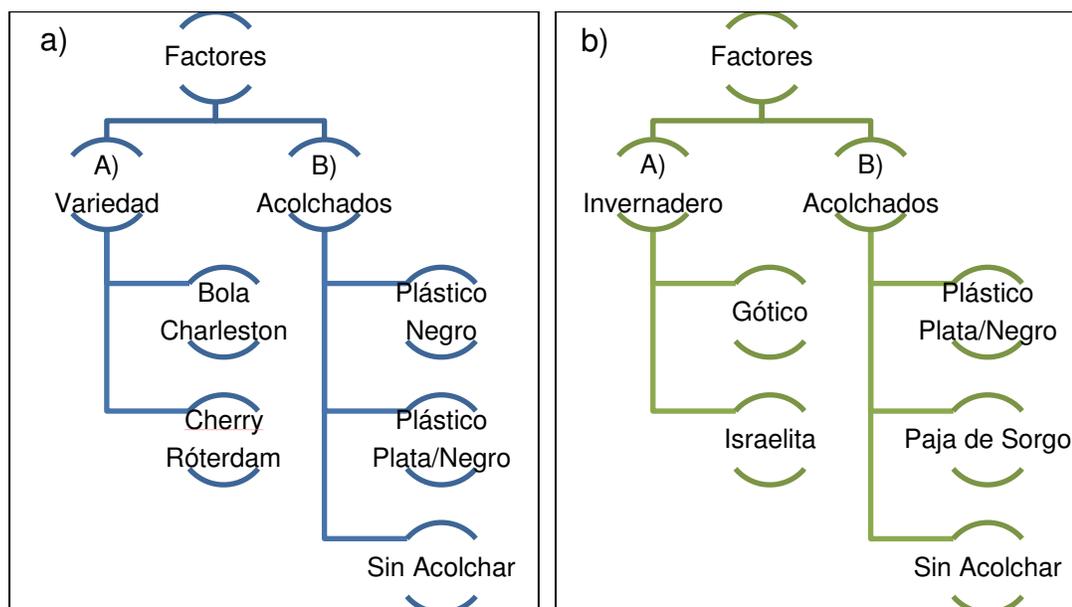


Figura 5. Factores y niveles en los Experimentos 1 y 2.

3.4.2. Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron fueron: peso individual del fruto (g), diámetro ecuatorial y polar del fruto (cm), cantidad de solutos por fruto (°Brix) y rendimiento por planta (kg.planta^{-1}), y temperatura del suelo ($^{\circ}\text{C}$) a 10 cm de profundidad.

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza con el paquete estadístico SPSS (2011), en los casos en donde se encontró diferencias significativas, las medias de los tratamientos se compararon con el método de Tukey ($p < 0.05$).

3.5. Establecimiento del Cultivo

3.5.1. Almácigo

La siembra se realizó en charolas de propagación de poliestireno de 200 cavidades que fueron desinfectadas con una solución de agua con Hipoclorito de Sodio al 1% (Figura 6a), utilizando turba orgánica (peat most) como sustrato, cubiertas con una capa delgada de Vermiculita (Figura 6b), esto para facilitar la emergencia de las plántulas. Las charolas fueron cubiertas con plástico (Figura 6c), esto para mantener la humedad cercana al 100 por ciento y una temperatura entre 20 y 30°C , hasta la emergencia de las plántulas (Figura 6d), posteriormente se pasaron a un invernadero de 300 m^2 ($30 \times 10 \text{ m}$) el cual se utiliza como semillero, aplicándoles Raizal 400 al aparecer las dos primeras hojas verdaderas y así tener un mejor desarrollo, principalmente de raíces.

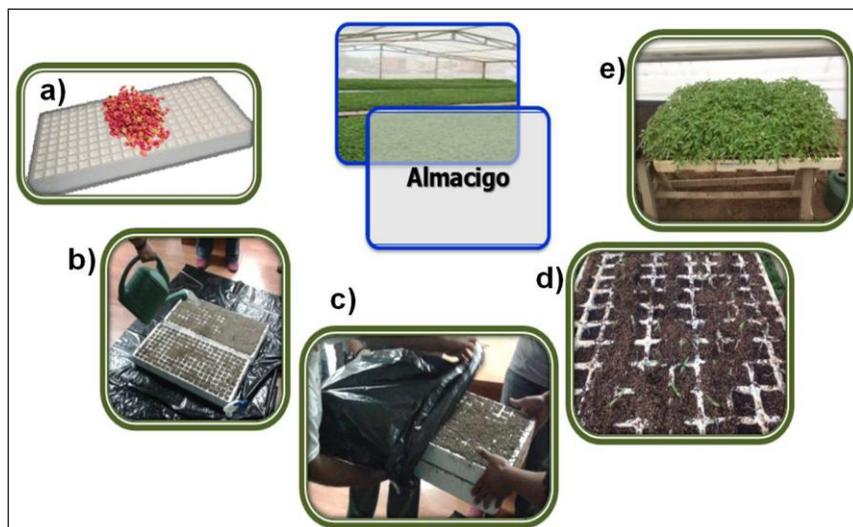


Figura 6. Producción de plántula de tomate.

En el Experimento 1 se utilizaron semillas de dos tipos de tomate de crecimiento indeterminado: tomate tipo bola variedad Charleston y tomate tipo cherry variedad Róterdam. La siembra se realizó el día 27 de Noviembre de 2012. Para el Experimento 2 la siembra se llevó a cabo el día 16 de Agosto de 2013, en este experimento se utilizó semilla de tomate bola variedad Charleston.

3.5.2. Preparación del terreno

Para el caso del primer experimento, una vez que fueron retirados los restos del cultivo anterior se pasó la roto-cultivadora en tres ocasiones hasta tener una cama de siembra adecuada para un buen desarrollo de las raíces. Las camas de siembra se prepararon a 0.50 m de ancho y 0.20 m de altura. Posteriormente la cintilla de riego fue instalada y los plásticos fueron colocados de acuerdo al croquis del experimento. Los plásticos utilizados fueron: plástico negro, y plástico plateado/negro, el cual era plateado por una cara y negro por la otra, utilizándose en

todos casos la cara plateada por fuera para reflejar calor. Las dimensiones de los plásticos fueron de 1.10 m de ancho por una longitud de 12 m por repetición en el Experimento 1. En el Experimento 2 la longitud del plástico fue de 5 m en el invernadero israelita y 8 m en el invernadero gótico.

El tipo de acolchado con paja de sorgo se utilizó como una opción de material que pudiera permitir un mayor intercambio de gases entre el suelo y el ambiente y a su vez obstruir la radiación directa al suelo. Lo cual se logró colocando una densidad de 4,2 Kg m⁻² de paca de sorgo sobre el suelo.

La preparación del suelo en el segundo experimento se llevó a cabo de la siguiente forma: el suelo fue cubierto con plástico transparente, después de haber recibido un riego de inundación, para solarizarlo por 15 días, posteriormente se realizó el laboreo de suelo con el tractor (barbecho, doble rastreo) y se formaron las camas de siembra. Por último se pasó la roto-cultivadora en dos ocasiones sobre la cama hasta tener la estructura del suelo adecuada para un buen desarrollo de las raíces de las plantas. Los tratamientos que se utilizaron en este experimento fueron: plástico plateado/negro, paja de sorgo y el testigo (suelo desnudo).

La colocación de los acolchados plásticos se hizo de forma manual y consistió en cubrir la cama con el plástico correspondiente al tratamiento, siendo sujetado con tierra en los costados de la cama, después se procedió a perforar el plástico utilizando un perforador manual, fabricado con una botella de aluminio con filo para poder facilitar el corte del plástico, los orificios se realizaron en un marco de plantación de tresbolillo con una separación de 0.40 m entre plantas y 0.50 m entre

líneas. En el caso de la paja de sorgo, esta fue colocada sobre el suelo de forma paralela a la dirección de la cama teniendo un espesor aproximado de 1 a 1.5 cm.

3.5.3. Trasplante

Una vez que las plántulas alcanzaron una altura de 10 a 15 cm se hizo el trasplante (Figura 6e). Las plántulas fueron sometidas a un tratamiento preventivo con fungicidas, insecticida y solución nutritiva (Cuadro 5), para evitar contaminación y estrés al momento de estar en contacto con el suelo.

Cuadro 5. Solución de trasplante

Producto		Cantidad (ml o g litro ⁻¹)
12-43-12 + micronutrientes	Sol. Nut.	2.5
Previcur	Fungicida	1.5
Derosal	Fungicida	0.5
Confidor	Insecticida	0.8

El trasplante del primer experimento fue el 30 de Enero del 2013 de y del segundo el día 18 de Septiembre del 2013.

3.5.4. Prácticas culturales

Las labores y técnicas culturales tales como poda o desbrote, tutoreo, deshoje, aclareo de frutos y polinización se realizaron de acuerdo a lo establecido por Garza y Molina (2008) y Olivares *et al.* (2012) llevando la planta a un solo tallo. A continuación se hace una breve descripción de cada una de ellas.

Tutoreo: Consiste en guiar verticalmente el tallo principal de las plantas a través de un amarre con ayuda de rafia, utilizando una abrazadera plástica,

colocándola en la base del tallo para sostener la rafia, la cual estaba amarrada sobre un alambre guía a 3 m de altura.

Desbrote: Cada brote nuevo que crecía en la axila de la hoja fue retirado, esto con la finalidad de tener un solo tallo en la planta. Esta actividad se realizó una vez por semana.

Deshoje: Consistió en cortar las hojas localizadas abajo del racimo que alcanzó la madurez fisiológica y así acelerar la coloración del fruto.

Aclareo de frutos: esta actividad se hizo para obtener tomates homogéneos dentro del mismo racimo en la variedad Charleston. En cada racimo se dejaron cinco frutos hasta el cuarto racimo y posteriormente se dejaron cuatro frutos.

Polinización: La polinización se realizó utilizando una caja con 80 abejorros (*Bombus terrestres* L.) para cada invernadero, cada colmena tuvo un ciclo de vida de 12 semanas.

3.5.5. Tipos de invernadero evaluados

Los invernaderos utilizados en la investigación y para fines prácticos se les nombró como de tipo israelita y gótico, fueron construidos por la empresa Metaliser[®] y tienen las siguientes características:

Invernadero israelita. Es un invernadero de tipo Diente de Sierra, el cual es ideal para climas templados. Consta de tres túneles de 8.5 m de ancho por 40 m de largo cada uno, con una superficie total de 1020 m², altura a canaleta de 4.60 m, altura cenital de 6.5 m y con un índice de ventilación de 44.84 por ciento (Figura 7a).

Invernadero gótico. El invernadero multitúnel gótico de ventana cenital fija, se caracteriza por la forma gótica de sus arcos, obteniendo una mayor altura en la cumbre, permitiendo así poder albergar mayor cantidad de aire en el interior, tiene un ancho de túnel de 9.6 m por 52 m de largo, cubriendo una superficie total de 1274 m², tiene dos túneles con altura a canaleta de 4.6 m, altura cenital de 8.24 m y un índice de ventilación de 42.45 por ciento (Figura 7b).

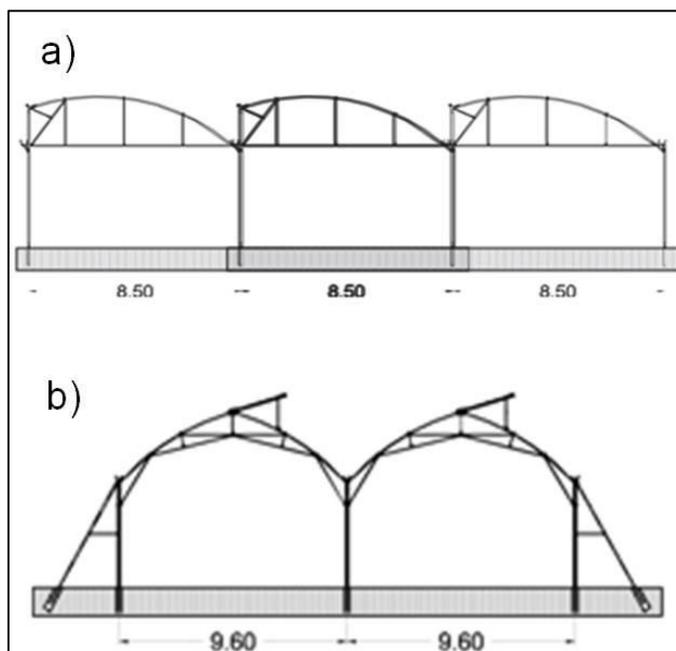


Figura 7. Tipos de invernaderos evaluados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Experimento 1

En el primer experimento se evaluaron dos colores de plástico como acolchado (negro y plateado/negro) comparado con el tratamiento control (sin acolchar) en dos variedades de tomate (Charleston y Róterdam).

En el análisis estadístico no se encontró diferencia significativa entre los tipos de acolchado para las variables: peso individual del fruto (PIF), diámetro ecuatorial (DE), diámetro polar (DP), sólidos solubles (SS) y rendimiento por planta (R). Entre variedades si hubo diferencia significativa (Cuadro 6) para las mismas variables, esto era de esperarse para las variables PIF, DE, DP y R, debido a que son distintos tipos de tomate (bola y cherry), sin embargo también se encontró diferencias significativas para la variable de SS, en donde se encontró que la variedad Róterdam tuvo un 59 por ciento más de contenido de solutos comparado con el Charleston. En las interacciones de tratamientos con variedades para las variables estudiadas no hubo efecto significativo ($p>0.05$) (Cuadros A1, A2, A3, A4 y A5).

Cuadro 6. Comparación de medias de las variables de las variedades Charleston y Róterdam.

Variedad	PIF		DE		DP		SS		R	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
Charleston	204.4a	4.66	7.7a	0.06	5.8 ^a	0.06	4.7a	0.08	2.48a	0.13
Róterdam	19.1b	4.66	2.8b	0.06	3.9b	0.06	7.4b	0.08	0.74b	0.13

PIF: Peso individual del fruto (g); DE: Diámetro ecuatorial (cm); DP: Diámetro polar (cm); SS: Sólidos solubles (°Brix) y R: Rendimiento por planta (Kg planta⁻¹).

Letras distintas indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$)

El mayor contenido de sólidos solubles en el fruto se encontró en el tomate cherry, con promedio de 7.4 °Brix, nivel comparable con los reportados por Márquez-Hernández *et al.* (2006), quienes obtuvieron niveles desde 6.9 hasta 8.2 °Brix. Al igual que Lorente *et al.* (2007), en un estudio con variedades de tomate cherry encontraron valores de 5.5 a 7.9 °Brix. La variedad Charleston presentó 4.7 °Brix en promedio, comparable con el rango medio de 4.4 a 5.5 °Brix que reporta Diez (2001) como niveles óptimos para tomates de tipo bola.

En cuanto a las temperaturas del suelo, se encontró diferencia significativa de los acolchados respecto al tratamiento control (sin acolchar), siendo este el que mantuvo temperaturas más frescas en comparación con los tratamientos con cubierta plástica (Cuadro A6, A7, A8, A9 y A10). En el Cuadro 7 se muestra que desde la primera cosecha los tratamientos de acolchado plástico, tanto negro como plateado/negro, obtuvieron temperaturas más altas en comparación con el tratamiento testigo sin ningún tipo de cobertura. En la primer fecha el testigo fue similar que el plástico plateado/negro y de la segunda fecha en adelante el testigo siempre presentó las temperaturas del suelo más bajas, las cuales fueron medidas a 10 cm de profundidad en todos los casos. Lo anterior permite especular que a pesar

de que se utilizara plástico plateado/negro para disminuir la temperatura o en su defecto negro que la puede acumular, estos no pudieron disipar las temperaturas que se almacenaron en el suelo durante el día. Estos resultados coinciden con los reportados por Díaz-Pérez *et al.* (2007), quienes encontraron mayores temperaturas del suelo en el tratamiento con cobertura plástica negra, seguida del gris, plata y blanco. Streck *et al.* (1995) mencionan que los acolchados reflejantes disminuyen la temperatura hasta 5.7°C a 2 cm de profundidad y 1.1°C a 20 cm, comparados con el acolchado transparente, también encontraron que el acolchado negro tuvo mayores temperaturas del suelo que el acolchado blanco en la parte externa y negro en la interna. En general, los plásticos blancos o reflejantes capturan una menor radiación solar en el suelo lo que induce menores temperaturas comparadas con las que se registran en los acolchados con plásticos oscuros (Siwek *et al.*, 2007).

Cuadro 7. Comparación de medias de temperaturas del suelo de dos tipos de acolchados y testigo.

Tratamiento	14/04/2013	17/04/2013	24/04/2013	01/05/2013	08/05/2013	Promedio
Plateado/negro	25.7 b	23.8 a	26.0 a	26.3 a	21.7 ab	24.7ab
Negro	27.3 a	24.3 a	26.2 a	26.5 a	23.0 a	25.5a
Testigo	25.7 b	22.9 b	25.4 a	25.3 b	21.2 b	24.1b

Letras distintas indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$)

4.2. Experimento 2

El Experimento 2 se desarrolló en función de la variedad que mejor se comportó durante el Experimento 1 (Charleston de tipo bola), la cual se probó utilizando dos tipos de invernadero que permitían tener condiciones de temperatura

diferentes, con la finalidad de hacer una mejor evaluación del tipo de acolchado (plástico y paja) (Figura 8).

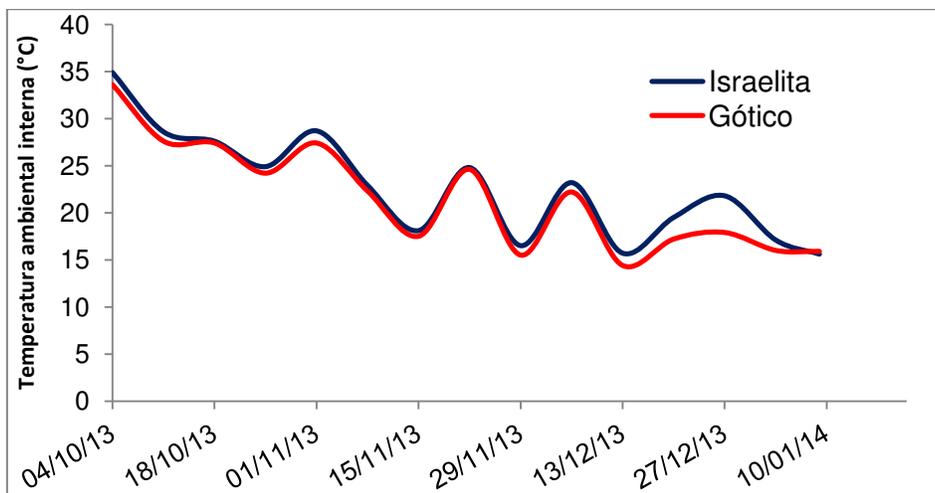


Figura 8. Dinámica de la temperatura ambiental dentro del invernadero en el periodo del 4 de Octubre de 2013 al 10 de Enero de 2014.

Los resultados de los análisis de varianza para las variables diámetro ecuatorial, polar y peso del fruto no mostraron diferencias significativas en ninguno de los factores: tipo de acolchado e invernadero, ni en la interacción de estos factores (ver ANOVAS: Cuadros A11, A12 y A13), en cambio para el rendimiento por planta si se mostró diferencia estadística para el factor tipo de invernadero, obteniendo $7.25 \text{ Kg planta}^{-1}$ en el tipo israelita y $5.92 \text{ Kg planta}^{-1}$ en el tipo gótico; para esta variable no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos de acolchado o en la interacción tratamientos x invernadero (Cuadro A14). Los tipos de acolchado no tuvieron efecto en el rendimiento por planta, aunque tuvieron efecto en la temperatura del suelo, lo que indica que los cambios inducidos de temperatura del suelo por el efecto de los acolchados no tuvieron consecuencias importantes en el

desarrollo del cultivo, evidenciándose a través del rendimiento y desarrollo del fruto. Estos resultados son diferentes a los reportados por Díaz-Pérez *et al.* (2007), quienes obtuvieron mayores rendimientos de tomate en el acolchado blanco, seguido del plata, el gris y con los menores rendimientos en el acolchado negro, aunque en el experimento reportado por estos autores se presentó una infección por virus (TSW). En otros estudios no se han encontrado diferencias en el rendimiento de los cultivos por efecto del acolchado, en particular cuando las temperaturas del suelo son altas pero menores a los límites de temperatura que afectan el cultivo (Streck *et al.*, 1995; Lorenzo *et al.*, 2005).

En la variable PIF no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos de acolchado (Cuadro 8); este resultado no coincide con los estudios que realizó Abubaker (2013) en donde menciona que el tipo de acolchado si afecta el peso del fruto; en dicho estudio obtuvo resultados de 175.1, 174.7 y 173.4 g fruto⁻¹ utilizando como acolchado composta, plástico claro y plástico negro respectivamente, comparado con el tratamiento sin acolchar, el cual el fruto tuvo un peso promedio de 160.2 g fruto⁻¹.

Cuadro 8. Medias del diámetro polar y ecuatorial del fruto y peso por fruto en el Experimento 2.

Tratamiento	DP	DE	PIF
Plástico plateado/negro	58.7 a	75.5 a	211.65 a
Paja	58.3 a	74.2 a	200.53 a
Sin acolchar	58.3 a	73.4 a	196.18 a

DP: Diámetro polar (mm); DE: Diámetro ecuatorial y PIF: Peso individual del fruto (g).
Letras distintas indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$)

El rendimiento por planta se evaluó en los meses de enero a mayo en donde se presentaron temperaturas frías en los meses de invierno y calientes en los meses de primavera, sin embargo el efecto de los acolchados sobre la temperatura del suelo no fue suficiente como para tener efectos importantes sobre el tamaño de los frutos o el rendimiento por planta. Los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden con los reportados por Streck *et al.* (1995) y Lorenzo *et al.* (2005), quienes mencionan que si la temperatura ambiental es alta, la temperatura del acolchado no afecta la producción.

El acolchado con paja tiene efecto en la temperatura del suelo y de acuerdo con Tu *et al.* (2006) también tiene efectos en la cantidad y actividad microbiana y potencialmente en una mayor cantidad de Nitrógeno disponible por efecto de la mineralización de los microorganismos en la descomposición de la materia orgánica. Estos autores también encontraron una mayor humedad en el suelo en el acolchado con paja comparado con el tratamiento sin acolchar. En el experimento que llevamos a cabo la posible mayor actividad microbiana y mayor retención de agua en el tratamiento con paja no tuvieron un efecto importante sobre el rendimiento debido a que las plantas no sufrieron estrés por agua, puesto que el riego se suministró cuando la lectura del tensiómetro marcaba 20 centibares; también una posible mayor actividad microbiana en el tratamiento con paja no tuvo efecto sobre el rendimiento debido a que los nutrientes fueron aplicados de acuerdo al programa de fertilización recomendado para tomate en invernadero sembrado en suelo (Castellanos y Ojodeagua, 2009).

En los análisis estadísticos de la temperatura del suelo se encontró diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 9 y Cuadro A26) (ver ANOVAS desde Cuadro A15 al Cuadro A25) , siendo el acolchado plástico el que presentó temperaturas de 0.2 a 2.3 °C superiores a los otros tratamientos (paja y testigo), coincidiendo con el trabajo de Dvorak *et al.* (2011) en el cual mencionan que el acolchado plástico presentó temperaturas superiores con respecto a los otros tratamientos de 0.2 a 1.6 °C a una profundidad de 10 cm. Moreno y Moreno (2008) también encontraron que el acolchado plástico eleva la temperatura 3.2 °C más que el tratamiento sin acolchar.

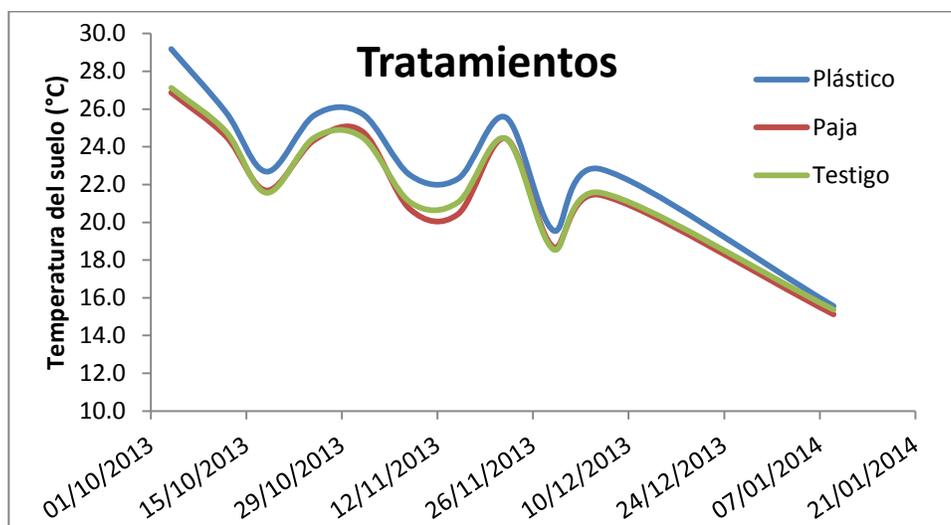


Figura 9. Dinámica de las temperaturas del suelo en el periodo del 12 de Octubre de 2013 al 9 de Enero de 2014 en tres tratamientos de acolchado (plástico, paja y testigo).

5. CONCLUSIONES

Considerando los resultados obtenidos se concluye que, bajo las condiciones climáticas en las que se desarrolló el presente estudio, el uso de acolchado plástico no influyó en el rendimiento de tomate, pero la temperatura del suelo se incrementó con los acolchados plásticos, principalmente con el plástico negro comparado con el plateado/negro. El acolchado con paja de sorgo tampoco mostró ventajas en cuanto a los rendimientos, sin embargo las temperaturas del suelo fueron menores con este tipo de acolchado. Por lo antes mencionado, la hipótesis planteada no se cumplió en cuanto a la posible mejoría de las condiciones de la temperatura del suelo adecuada para el desarrollo del cultivo de tomate en condiciones de invernadero para la zona en la que se realizó la investigación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abubaker, S.M. 2013. Effect of different types of mulch on performance of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under plastic house conditions. Journal of Food, Agriculture & Environment, 11(2), 684-686.
- AMHPAC. 2014. Boletín Informativo, Vol. 5, Asociación Mexicana de Horticultura Protegida. Sinaloa, México, pp. 2.
- Arteaga, M., Garcés, N., Guridi, F., Pino, J.A., López, A., Menéndez, J.L., Cartaya, O. 2006. Evaluación de las aplicaciones foliares de humus líquido en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) var. Amalia en condiciones de producción. Cultivos tropicales, 27(3), 95-101.
- Banco Mundial. 2012. Agricultura y Desarrollo Rural, Vol. 2012.
- Carrera, M., Box, M. 2005. Cultivos agrícolas. in: Prontuario de Agricultura, Mundi-Prensa. Barcelona, España.
- Castellanos, J.Z., Ojodeagua, J.L. 2009. Formulación de la Solución Nutritiva. in: Manual de producción de tomate en invernadero, (Ed.) J.Z. Castellanos, Intagri. Celaya, Gto. México, pp. 131-156.
- Corrales, J. 2005. Calidad: concepto amplio, indicadores e importancia de su acreditación en la mundialización del comercio de productos hortofrutícolas. V Congreso Internacional. Red de Investigación Socioeconómica sobre Hortalizas, Frutas y Flores. Artículo en extenso.

- Díaz-Pérez, J.C., Gitaitis, R., Mandal, B. 2007. Effects of plastic mulches on root zone temperature and on the manifestation of tomato spotted wilt symptoms and yield of tomato. *Scientia Horticulturae*, 114(2), 90-95.
- Díaz, T., Espí, E., Fontecha, A., Jiménez, J., López, J., Salmerón, A. 2001. Los filmes plásticos en la producción agrícola. Mundi-Prensa/Repsol YPF
- Diez, M.J. 2001. Tipos varietales. in: *El Cultivo del Tomate.*, (Ed.) F. Nuez, Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Dorais, M., Ehret, D., Papadopoulos, A. 2008. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. *Phytochemistry Reviews*, 7(2), 231-250.
- Dvorak, P., Tomasek, J., Hamouz, K. 2011. Effect of mulching materials on the soil temperature, soil water potential, number and weight tubers of organic potatoes.
- Escalante, R., Horacio, C. 2008. Situación actual del sector agropecuario en México: perspectivas y retos. *Economía Informa*(35).
- Espi, E., Salmeron, A., Fontecha, A., García, Y., Real, A. 2006. Plastic films for agricultural applications. *Journal of plastic film and sheeting*, 22(2), 85-102.
- FAO. 2002. Perspectivas por sectores principales: La tierra, el agua y los cultivos. in: *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. Roma, Italia, pp. 38-49.
- FAOSTAT. 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Estatistic Division, Vol. 2014.
- Frusciante, L., Carli, P., Ercolano, M.R., Pernice, R., Di Matteo, A., Fogliano, V., Pellegrini, N. 2007. Antioxidant nutritional quality of tomato. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51(5), 609-617.

- Garza, M., Molina, M. 2008. Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el Estado de Nuevo León. SAGARPA, México, 183.
- Giovannucci, E. 1999. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. *Journal of the National Cancer Institute*, 91(4), 317-331.
- González, S. 2004. Técnicas Apropriadas para Aplicar el mulch. Puerto Rico.
- Green, D.S., Kruger, E.L., Stanosz, G.R. 2003. Effects of polyethylene mulch in a short-rotation, poplar plantation vary with weed-control strategies, site quality and clone. *Forest Ecology and Management*, 173(1–3), 251-260.
- Gutierrez-Lopez, M., Villa Gil, F., Cotrina Vila, F., Albalat Borrás, A., Macua, J., Romero, J., Sanz de Galdeano, J., Uribarri, A., Sadaba, S., Aguado, G. 2003. Utilización de los plásticos en la horticultura del valle medio del Ebro. *Informaciones Técnicas-Gobierno de Aragón*.
- Ham, J.M., Kluitenberg, G., Lamont, W. 1993. Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118(2), 188-193.
- Hussain, I., Hamid, H. 2003. Plastics in agriculture. in: *Plastics and the environment*. Wiley, Hoboken, pp. 185-209.
- INAFED. 2014. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, Vol. 2014.
- INEGI. 2014. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Vol. 2014.
- Infante, A. 2004. Abonos verdes y mulch. *Chile Agrícola*, 29(266), 30-31.
- Lament, W.J. 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. *HortTechnology*, 3(1), 35-39.

- Lamont, W., Orzolek, M. 2004. Plasticulture glossary of terms. The American Society for Plasticulture, Bellefonte.
- Lawrence, M.J. 2007. A novel machine to produce fuel nuggets from non-recyclable plastics, The Pennsylvania State University.
- López-Gálvez, J., Losada-Villasante, A. 2006. Agroplasticultura y Riego Localizado. CONAGUA, México.
- Lorente, I., Meca, D.E., Gázquez, J.C., Martínez, E.M., Segura, M.D. 2007. Ensayo de calidad en cultivares de tomate cherry en rama. XXXVII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura: Almería, 2007. pp. 447-468.
- Lorenzo, P., Sánchez-Guerrero, M., Medrano, E., Soriano, T., Castilla, N. 2005. Responses of cucumbers to mulching in an unheated plastic greenhouse. *Journal of horticultural science & biotechnology*, 80(1), 11-17.
- Lucier, G., Jerardo, A. 2001. Vegetables and melons outlook. USDA, Electronic Outlook Report from the ERS, 303, 1-24.
- Macías-Duarte, R., Grijalva-Contreras, R.L., Robles-Contreras, F. 2010. Efecto de tres volúmenes de agua en la productividad y calidad de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero. *Biotecnia*, 12(2), 11-19.
- Maroto-Borrego, J.V. 2002. Tomate. 5 ed. in: Horticultura herbácea especial, Mundi-Prensa, pp. 403-455.
- Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., Chew-Madinaveitia, Y., Moreno-Reséndez, A., Rodríguez-Dimas, N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2), 183-189.

- Matheus, L., Caracas, J., Montilla, F., Fernández, O. 2007. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L.). *Agricultura Andina*, 13, 27-31.
- McCraw, D., Motes, J.E. 1991. Use of plastic mulch and row covers in vegetable production. Cooperative Extension Service. Oklahoma State University. OSU Extension Facts F-6034.
- Monardes, H. 2009. 3. Requerimientos de Clima y Suelo. in: Manual de Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, pp. 13-15.
- Moreno, M.M., Moreno, A. 2008. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. *Scientia Horticulturae*, 116(3), 256-263.
- Olivares, E., García, N.E., Martínez, J., Molina, M., A, V.J. 2012. Producción de Tomate en Invernadero. Curso Teórico-Practico, Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Pandey, D.K., Shekelle, R., Selwyn, B.J., Tangney, C., Stamler, J. 1995. Dietary Vitamin C and β -Carotene and Risk of Death in Middle-aged Men The Western Electric Study. *American journal of epidemiology*, 142(12), 1269-1278.
- Quezada-Martín, M.R., Munguía-López, J., Ibarra-Jiménez, L., García, M.A.A., Valdez-Aguilar, L.A., Cedeño-Ruvalcaba, B. 2011. Fisiología y producción de pimiento morrón cultivado con diferentes colores de acolchado. *Terra Latinoamericana*, 29(4), 421-430.
- Resh, H.M. 2004. Cultivos Hidropónicos. 3ra ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- SAGARPA. 2012. Agricultura Protegida 2012, Vol. 2012.

- Santiago, J., Mendoza, M., Borrego, F. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 9, 59-65.
- Scarascia-Mugnozza, G., Schettini, E., Vox, G., Malinconico, M., Immirzi, B., Pagliara, S. 2006. Mechanical properties decay and morphological behaviour of biodegradable films for agricultural mulching in real scale experiment. *Polymer Degradation and Stability*, 91(11), 2801-2808.
- SIAP. 2014. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, Vol. 2015. México.
- Siwek, P., Kalisz, A., Wojciechowska, R. 2007. Effect of mulching with film of different colours made from original and recycled polyethylene on the field of butterhead lettuce and celery. *Folia Hort. Supl*, 19(1), 25-35.
- SPSS. 2011. Statistical Package for the Social Sciences. 20.0 ed.
- Streck, N., Schneider, F., Buriol, G., Heldwein, A. 1995. Effect of polyethylene mulches on soil temperature and tomato yield in plastic greenhouse. *Scientia Agricola*, 52(3), 587-593.
- Tu, C., Ristaino, J.B., Hu, S. 2006. Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: Effects of organic inputs and straw mulching. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(2), 247-255.
- Velasco-Hernández, E., Nieto-Ángel, R., Navarro-López, E.R. 2011. Cultivo de tomate en hidroponía e invernadero. Mundi-Prensa.

7. APÉNDICE

7.1. Experimento 1

7.1.1. Cuadros de análisis de varianza.

Cuadro A1. Análisis de varianza para el peso individual de fruto en el Experimento 1

Origen	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	Sig.
Tratamiento	.571	2	.286	.001	.999
Variedad	154564.293	1	154564.293	701.781	.000
Trat * Var	6.627	2	3.314	.015	.985
Error	2642.951	12	220.246		
Total	157214.443	17			

Cuadro A2. Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial del fruto en el Experimento 1.

Origen	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	Sig.
Tratamiento	.002	2	.001	.021	.979
Variedad	110.410	1	110.410	2230.736	.000
Trat * Var	.008	2	.004	.082	.922
Error	.594	12	.049		
Total	111.014	17			

Cuadro A3. Análisis de varianza para el diámetro polar del fruto en el Experimento 1.

Origen	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	Sig.
Tratamiento	.044	2	.022	.496	.621
Variedad	15.378	1	15.378	344.182	.000
Trat * Var	.058	2	.029	.654	.538
Error	.536	12	.045		
Total	16.017	17			

Cuadro A4. Análisis de varianza para los sólidos solubles en el Experimento 1.

Origen	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	Sig.
Tratamiento	.192	2	.096	1.670	.229
Variedad	34.086	1	34.086	594.528	.000
Trat * Var	.061	2	.030	.532	.601
Error	.688	12	.057		
Total	35.027	17			

Cuadro A5. Análisis de varianza para el rendimiento por planta en el Experimento 1.

Origen	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	Sig.
Tratamiento	.245	2	.122	.477	.632
Variedad	13.555	1	13.555	52.822	.000
Trat * Var	.805	2	.403	1.569	.248
Error	3.079	12	.257		
Total	17.684	17			

Cuadro A6. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 14 de abril de 2013.

Origen	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	Sig.
Tratamiento	11.708	2	5.854	13.787	.000
Error	8.917	21	.425		
Total	20.625	23			

Cuadro A7. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 17 de abril de 2013.

Origen	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	Sig.
Tratamiento	8.917	2	4.458	8.447	.002
Error	11.083	21	.528		
Total	20.000	23			

Cuadro A8. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 24 de abril de 2013.

Origen	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	Sig.
Tratamiento	2.750	2	1.375	2.100	.147
Error	13.750	21	.655		
Total	16.500	23			

Cuadro A9. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 01 de mayo de 2013.

Origen	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	Sig.
Tratamiento	8.250	2	4.125	5.743	.010
Error	15.083	21	.718		
Total	23.333	23			

Cuadro A10. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 08 de mayo de 2013.

Origen	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	Sig.
Tratamiento	13.500	2	6.750	3.635	.044
Error	39.000	21	1.857		
Total	52.500	23			

7.2. Experimento 2

7.2.1. Cuadros de análisis de varianza

Cuadro A11. Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial del fruto en el Experimento 2.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	.561	1	.561	.066	.800
Tratamiento	18.363	2	9.181	1.087	.358
Inver * Trata	3.873	2	1.937	.229	.797
Error	152.088	18	8.449		
Total	174.886	23			

Cuadro A12. Análisis de varianza para el diámetro polar del fruto en el Experimento 2.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	3.729	1	3.729	1.255	.277
Tratamiento	.883	2	.441	.149	.863
Inver * Trata	2.151	2	1.075	.362	.701
Error	53.470	18	2.971		
Total	60.233	23			

Cuadro A13. Análisis de varianza para el peso individual del fruto en el Experimento 2.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	164.955	1	164.955	.371	.550
Tratamiento	1019.236	2	509.618	1.147	.340
Inver * Trata	490.059	2	245.029	.552	.586
Error	7996.970	18	444.276		
Total	9671.220	23			

Cuadro A14. Análisis de varianza para el rendimiento por planta en el Experimento 2.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	10.613	1	10.613	20.364	.000
Tratamiento	.707	2	.353	.678	.520
Inv * Trat	1.444	2	.722	1.385	.276
Error	9.381	18	.521		
Total	22.145	23			

Cuadro A15. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 04 de octubre de 2013.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	1.760	1	1.760	5.121	.036
Tratamiento	25.771	2	12.885	37.485	.000
Inver * Trata	.271	2	.135	.394	.680
Error	6.188	18	.344		
Total	33.990	23			

Cuadro A16. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 12 de octubre de 2013.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	1.148	1	1.148	4.610	.046
Tratamiento	7.380	2	3.690	14.812	.000
Inver * Trata	1.422	2	.711	2.854	.084
Error	4.484	18	.249		
Total	14.435	23			

Cuadro A17. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 18 de octubre de 2013.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	1.260	1	1.260	5.585	.030
Tratamiento	6.083	2	3.042	13.477	.000
Inver * Trata	.333	2	.167	.738	.492
Error	4.063	18	.226		
Total	11.740	23			

Cuadro A18. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 25 de octubre de 2013.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	.094	1	.094	.370	.551
Tratamiento	8.396	2	4.198	16.562	.000
Inver * Trata	1.187	2	.594	2.342	.125
Error	4.563	18	.253		
Total	14.240	23			

Cuadro A19. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 01 de noviembre de 2013.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	.010	1	.010	.055	.818
Tratamiento	6.771	2	3.385	17.727	.000
Inver * Trata	.021	2	.010	.055	.947
Error	3.438	18	.191		
Total	10.240	23			

Cuadro A20. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 08 de noviembre de 2013.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	1.500	1	1.500	16.615	.001
Tratamiento	14.646	2	7.323	81.115	.000
Inver * Trata	.062	2	.031	.346	.712
Error	1.625	18	.090		
Total	17.833	23			

Cuadro A21. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 15 de noviembre de 2013.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	.260	1	.260	1.316	.266
Tratamiento	14.583	2	7.292	36.842	.000
Inver * Trata	.083	2	.042	.211	.812
Error	3.563	18	.198		
Total	18.490	23			

Cuadro A22. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 22 de noviembre de 2013.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	.510	1	.510	2.579	.126
Tratamiento	6.750	2	3.375	17.053	.000
Inver * Trata	.583	2	.292	1.474	.255
Error	3.563	18	.198		
Total	11.406	23			

Cuadro A23. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 29 de noviembre de 2013.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	.844	1	.844	5.400	.032
Tratamiento	4.750	2	2.375	15.200	.000
Inver * Trata	.250	2	.125	.800	.465
Error	2.813	18	.156		
Total	8.656	23			

Cuadro A24. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 06 de diciembre de 2013.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	.094	1	.094	.415	.527
Tratamiento	9.250	2	4.625	20.492	.000
Inver * Trata	.750	2	.375	1.662	.218
Error	4.063	18	.226		
Total	14.156	23			

Cuadro A25. Análisis de varianza para la temperatura del suelo en la fecha: 09 de enero de 2014.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Invernadero	.510	1	.510	3.769	.068
Tratamiento	.771	2	.385	2.846	.084
Inver * Trata	.021	2	.010	.077	.926
Error	2.438	18	.135		
Total	3.740	23			

7.2.2. Comparación de Medias

Cuadro A26. Comparación de medias de temperatura del suelo para los tratamientos.

Tratamiento	04/10 13	12/10 13	18/10 13	25/10 13	01/11 13	08/11 13	15/11 13	22/11 13	29/11 13	06/12 13	09/01 14
Plástico	29.2 ^a	25.8 ^a	22.7 ^a	25.7 ^a	25.8 ^a	22.5 ^a	22.3 ^a	25.6 ^a	19.6 ^a	22.8 ^a	15.6 ^a
Paja	26.9 ^b	24.6 ^b	21.7 ^b	24.4 ^b	24.8 ^b	20.7 ^b	20.4 ^b	24.4 ^b	18.7 ^b	21.4 ^b	15.1 ^b
Testigo	27.1 ^b	24.8 ^b	21.6 ^b	24.5 ^b	24.5 ^b	21.1 ^c	21.1 ^c	24.4 ^b	18.6 ^b	21.6 ^b	15.4 ^{ab}

Letras distintas indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$)

Cuadro A27. Comparación de medias de temperatura del suelo para los invernaderos.

Invernadero	04/10 13	12/10 13	18/10 13	25/10 13	01/11 13	08/11 13	15/11 13	22/11 13	29/11 13	06/12 13	09/01 14
Israelita	28.0 ^a	25.3 ^a	21.8 ^a	24.9 ^a	25.0 ^a	21.2 ^a	21.2 ^a	25.0 ^a	18.8 ^a	21.9 ^a	15.5 ^a
Gótico	27.5 ^b	24.9 ^b	22.2 ^b	24.8 ^a	25.0 ^a	21.7 ^b	21.4 ^a	24.7 ^a	19.1 ^b	22.0 ^a	15.2 ^a

Letras distintas indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$)